

**INSTITUTO AGRONÔMICO**  
**CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRICULTURA**  
**TROPICAL E SUB-TROPICAL**

**SELEÇÃO DE VARIEDADES DE MANDIOCA DE MESA**  
**(*Manihot esculenta* Crantz) COM ALTOS TEORES DE**  
**CAROTENÓIDES E VITAMINA A.**

**THIAGO FONSECA MEZETTE**

**Orientadora: PqC. Dra. Teresa Losada Valle**

Dissertação submetida como requisito parcial para obtenção do grau de **Mestre** em Agricultura Tropical e Subtropical Área de Concentração em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia.

Campinas, SP  
Abril 2007

# **Livros Grátis**

<http://www.livrosgratis.com.br>

Milhares de livros grátis para download.

Ficha elaborada pelo Núcleo de Informação e Documentação do Instituto Agrônômico

M617s Mezette, Thiago Fonseca  
Seleção de variedades de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) com altos teores de carotenóides e vitamina A. / Thiago Fonseca Mezette. Campinas, 2007.  
60fls

Orientadora: Dra. Teresa Losada Valle  
Dissertação (Mestrado) Agricultura Tropical e Subtropical  
Instituto Agrônômico

1. Mandioca de mesa – melhoramento nutricional 2. Mandioca de mesa – caratenóides 3. Mandioca de mesa – vitamina A 4. Mandioca de mesa – componentes minerais 5. Mandioca de mesa – tempo de cocção 6. Mandioca de mesa – compostos cianogênicos I. Mezette, Thiago Fonseca II. Valle, Teresa Losada III. Campinas. Instituto Agrônômico IV. Título

CDD. 633.495

Aos meus pais

Vitor e Vera, por todo apoio e incentivo

**DEDICO**

Aos meus irmãos Joana e Pedro,  
cujas presença e o apoio sempre  
foram indispensáveis e, também, a  
minha grande amiga Fabi,  
que mesmo estando longe, sempre  
me apoiou e acreditou em minha  
capacidade,

**OFEREÇO**

## AGRADECIMENTOS

- A pesquisadora, amiga e orientadora, Dra. Teresa Losada Valle, pela amizade e grandes ensinamentos durante todo curso e na minha vida profissional;
- A pesquisadora e amiga Msc. Cássia Regina Limonta Carvalho, que mesmo não sendo minha co-orientadora no papel eu a considero, pelos ensinamentos, apoio, amizade, e grande atenção dispensada;
- Ao pesquisador Dr. José Carlos Feltran (IAC), pela grande ajuda durante todo a pós-graduação, nos experimentos, estatística e discussão dessa dissertação;
- Ao pesquisador Dr. Paulo Roberto Nogueira Carvalho (ITAL), pela grande disponibilidade em ajudar nas análises de carotenóides pró-vitaminicos;
- Ao pesquisador Dr. Marcelo Antonio Morgano (ITAL), pela enorme ajuda nas análises dos minerais;
- A química Enieluci Santos Brito Parra (ITAL), pela enorme ajuda nas análises de carotenóides pró-vitaminicos;
- Ao Engenheiro Agrônomo Luiz Henrique Teresani de Freitas por disponibilizar a área de instalação do experimento e, também, pela ajuda na condução do experimento;
- Ao Engenheiro Agrônomo João Manuel Sanseverino Vergani Galera, pela grande ajuda nas análises de cozimento;
- Ao pessoal do Centro de Horticultura Júlio Marcelino e José Evangelista pelo auxílio na preparação e coleta do ensaio;
- A todo o pessoal do Laboratório de Fitoquímica do IAC (Régia, Sueli, Débora, Jefferson, Fernando e Agatha), pela grande ajuda nas horas em que passávamos descascando e processando várias caixas de mandioca;
- Ao Anderson de Jesus Bonon pela ajuda na construção das moléculas de carotenóides;

- Aos professores da área de concentração em Melhoramento Vegetal da PG-IAC, pelos ensinamentos transmitidos;
- Aos funcionários da PG-IAC, pelo auxílio no decorrer do curso;
- Aos meus pais Vitor e Vera por todo apoio, carinho, incentivo e compreensão;
- A minha grande amiga Naty, pelo grande apoio em horas difíceis, pelos momentos de diversão e pela amizade incondicional;
- As amigas Ana, Dani e Gi, pela amizade sincera e o carinho durante todo esse tempo;
- A todos que de alguma forma colaboraram para a realização e finalização deste trabalho;

## SUMÁRIO

ÍNDICE DE TABELAS .....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS .....	ix
LISTA DE ANEXOS .....	x
RESUMO .....	xi
ABSTRACT .....	xii
1 INTRODUÇÃO.....	01
2 REVISÃO DE LITERATURA .....	03
2.1 Histórico e Melhoramento Genético da Mandioca .....	03
2.2 Melhoramento para Características Agronômicas.....	04
2.2.1 Produtividade .....	04
2.2.2 Altura de planta .....	04
2.2.3 Índice de colheita (IC) .....	05
2.3 Melhoramento para Características Qualitativas e Nutricionais .....	05
2.3.1 Melhoramento para características qualitativas.....	05
2.3.1.1 Compostos cianogênicos (HCN) .....	05
2.3.1.2 Tempo de cocção e qualidade de massa cozida .....	06
2.3.2 Melhoramento para características nutricionais .....	07
2.3.2.1 Carotenóides .....	08
2.3.2.2 Hipovitaminose A .....	10
2.3.2.3 Fortificação de alimentos .....	10
2.3.2.4 Carotenóides em mandioca .....	11
2.3.2.5 Componentes minerais .....	13
3 MATERIAL E MÉTODOS .....	14
3.1 Caracterização dos Clones.....	14
3.2 Caracterização da Área Experimental .....	16
3.3 Instalação do Experimento .....	17
3.4 Características Avaliadas.....	18
3.4.1 Produção .....	18
3.4.2 Peso da parte aérea e peso total da planta .....	18
3.4.3 Alturas das plantas e da primeira ramificação.....	19
3.4.4 Índice de colheita (IC) .....	19
3.4.5 Dosagem dos compostos cianogênicos (HCN) .....	19

3.4.6 Duração do tempo de cocção.....	20
3.4.7 Teor de matéria seca.....	20
3.4.8 Carotenóides totais e pró-vitamínicos A .....	20
3.4.8.1 Extração .....	21
3.4.8.2 Determinação do teor de carotenóides totais .....	21
3.4.8.3 Identificação e quantificação dos carotenóides pró-vitamínicos A.....	21
3.4.8.4 Concentração de vitamina A.....	23
3.4.9 Determinação dos componentes minerais .....	23
3.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística .....	24
3.5.1 Estimativa do coeficiente de determinação genotípica (b).....	24
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	25
4.1 Características Agronômicas .....	25
4.1.1 Produção de raízes .....	25
4.1.2 Altura total da planta e da primeira ramificação .....	30
4.1.3 Peso da parte aérea e peso total da planta.....	32
4.1.4 Índice de colheita (IC) .....	33
4.2 Características Qualitativas e Nutricionais.....	35
4.2.1 Compostos cianogênicos (HCN) .....	35
4.2.2 Tempo de cocção .....	37
4.2.3 Teor de matéria seca.....	39
4.2.4 Carotenóides totais, $\beta$ -caroteno e vitamina A .....	40
4.2.5 Componentes minerais .....	42
4.3 Considerações Finais .....	46
5 CONCLUSÕES .....	49
6 REFERÊNCIAS .....	50



## ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 - Clones de mandioca de mesa avaliados, Engenheiro Coelho-SP, 2006 .....	14
Tabela 2 - Resultados da análise química do solo da área experimental, na camada 0-20 cm, Engenheiro Coelho-SP, 2005 .....	17
Tabela 3 - Repetições para cada tratamento, Engenheiro Coelho-SP, 2006 .....	24
Tabela 4 - Análise de variância entre e dentro de tratamentos (clones), delineamento inteiramente casualizado e esperança dos quadrados médios .....	25
Tabela 5 - Valores médios de produção total de raízes (PRT) produção de raízes comerciais (PRC) e produção de raízes descarte (PRD); do número de raízes (NRT), número de raízes comerciais (NRC) e número raízes descarte (NRD) por planta; Peso médio de raízes (PeR), peso médio de raízes comerciais (PeRC) e peso médio de raízes descartes (PeRD) da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio. Engenheiro Coelho-SP, 2006 .....	29
Tabela 6 - Valores médios para altura total da planta (ATP), da primeira ramificação (APR) e relação entre as duas características (B/A) da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006.....	32
Tabela 7 - Valores médios de peso da parte aérea (PePA), produção total de raízes (PTR), peso total de planta (PeTP) e índice de colheita (IC) da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006 .....	35
Tabela 8 - Valores médios do teor de glicosídeos cianogênicos e do tempo de cocção (TC) da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006 .....	39
Tabela 9 - Teores de matéria seca (MS), carotenóides totais, $\beta$ -caroteno, porcentagem de $\beta$ -caroteno e vitamina A, em raízes recém colhidas da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca	

de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro  
Coelho-SP, 2006 .....42

Tabela 10 - Valores médios da concentração, em base seca, de minerais em  
raízes cozidas e não cozidas da variedade IAC 576-70 e de doze  
clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio  
(DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006 .....44

Tabela 11 - Caracterização dos clones com relação a produção total de raízes  
(PTR), produção de raízes comerciais (PRC), peso total da planta  
(PeTP), peso das raízes comerciais (PeRC), índice de colheita  
(IC), altura da primeira ramificação (APR), tempo de cozimento  
(TC), matéria seca (MS), carotenóides totais,  $\beta$ -caroteno e  
vitamina A; Ferro (Fe) e zinco (Zn) em mandiocas já cozidas.  
Engenheiro Coelho-SP, 2006 .....48

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Estrutura química de nove carotenóides .....	09
Figura 2 - Fluxograma do programa de Melhoramento Genético da Mandioca de Mesa do Instituto Agrônômico (IAC). O círculo vermelho identifica a fase onde está localizado o presente trabalho de pesquisa dentro do Programa .....	15
Figura 3 - Precipitações médias mensais durante o período de condução do ensaio (2005-2006), Engenheiro Coelho – SP .....	16
Figura 4 - Temperaturas médias mensais durante o período de condução do ensaio (2005-2006), Engenheiro Coelho – SP .....	16
Figura 5 - Cromatograma de padrão de $\beta$ -caroteno (A) e dos pigmentos encontrados no clone 108/00 (B) .....	22

## LISTA DE ANEXOS

Anexo 1 - Valores e significância dos quadrados médios obtidos na análise de variância do experimento inteiramente casualizado, com número de repetições variável, considerando as características NR – número de raízes por planta, NRC – número de raízes comerciais por planta, NRD – número de raízes descartadas

MEZETTE, Thiago Fonseca. **Seleção de variedades de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) com altos teores de carotenóides e vitamina A.** 2007. 58f. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) – Pós-Graduação – IAC.

## RESUMO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das culturas mais importante na produção de calorías nos trópicos, sendo as raízes tuberosas (ricas em amido) bastante utilizadas na alimentação humana, principalmente em países subdesenvolvidos. Este trabalho teve por objetivo avaliar clones-elite de mandioca de mesa com relação aos aspectos nutricionais. Foram avaliados 12 clones do Programa de Melhoramento Genético da Mandioca de Mesa do IAC em comparação a variedade testemunha IAC 576-70, quantos aos parâmetros de produtividade de raízes, biomassa, port361980 e Td (1) 361980

MEZETTE, Thiago Fonseca. **Selection of cassava sweet (*Manihot esculenta* Crantz) variability with high carotenoids and Vitamin A tenors.** 2007. 58f. Dissertação (Mestrado em Genética, Melhoramento Vegetal e Biotecnologia) – Pós-Graduação – IAC.

### ABSTRACT

The cassava (*Manihot esculenta* Crantz) is one of the cultures most important in the production of calories in the tropics, being the tuberosas roots (rich in starch) sufficiently used in the feeding human being, mainly in underdeveloped countries. This work aim was to evaluate cassava clones-elite in relation to its nutritional aspects. Twelve clones from the cassava sweet, purchase from the Genetic improvement Program from IAC, were evaluated comparing to the witness variety IAC 576-70 in relation to the root productivity, biomass, plant port, cooking, cyanogenics composites, total carotenoids,  $\beta$ -caroteno (Vitamin A) and mineral composites. These clones had been previous passed through selection stages for agronomics character's (productivity, bacteria resistance, plant port and mainly yellow root coloration). This study was the first nutritional assessment of the clones. Some of the evaluated clones presented genotype with carotenoids and vitamin A tenor tree times higher than commercial variety (IAC 576-70). In relation to the carotenoids, the  $\beta$ -caroteno (100% vitamin A activity) predominates in most of the clones assessment roots. All analyzed clones, except 66/99, presented low cyanogenic glycosides tenor, allowing these genotypes use as a cultivars sweet. The 16/00 clone contents Fe and Zn tenor superior to the commercial variety. There are clones with good nutritional characteristics, presenting high productivity, similar to commercial variety. Except the 265/97, all the clones with high carotenoid and vitamin A tenor present a cooking time.

Key-words: Cassava sweet, nutricional breeding, carotenoids, vitamin A, mineral composites, cooking time, cyanogenic glycosides.

## 1 INTRODUÇÃO

A mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) é uma das culturas mais importante na produção de calorias nos trópicos, sendo as raízes tuberosas (ricas em amido) utilizadas na alimentação humana e animal ou como matéria-prima para indústrias de farinha de mandioca e fécula (amido). É considerada um alimento de subsistência para mais de quinhentos milhões de pessoas nas áreas tropicais com produção estimada, em 2005, de 210 milhões de toneladas (FAO, 2005).

O Brasil foi o maior produtor mundial até 1991 quando foi superado pela Nigéria. É cultivada em todos os estados brasileiros e, a maior parte, por pequenos e médios produtores. Entre as culturas temporárias, a mandioca ocupa a quarta colocação em termos de valor da produção agrícola brasileira, inferior apenas à cana-de-açúcar, soja e milho (IBGE, 2005).

Em 2005, a área total plantada no Brasil ficou próxima de quase dois milhões de hectares, com uma produção de aproximadamente 26 milhões de toneladas e produtividade média de  $13 \text{ t ha}^{-1}$  (IBGE, 2005). A região Nordeste teve maior área destinada ao cultivo da mandioca, cerca de 900 mil hectares, com uma produção de aproximadamente nove milhões de toneladas e produtividade média de  $10 \text{ t ha}^{-1}$ . A região Sudeste foi a que obteve a melhor produtividade média, cerca de  $18 \text{ t ha}^{-1}$ , com uma área de cultivo de aproximadamente 140 mil hectares e uma produção de 2,5 milhões de toneladas. Dentre todos os Estados do país, São Paulo foi o que obteve a melhor produtividade média (cerca de  $24 \text{ t ha}^{-1}$ ), atingindo uma produção de aproximadamente um milhão de toneladas.

Estima-se que o setor mandioqueiro nacional apresenta uma receita bruta de 2,5 bilhões de dólares e, considerando a fase da produção primária e o processamento de farinha e fécula, são gerados cerca de 1 milhão de empregos diretos (LORENZI, 2003).

Um dos fatores que determina a forma de aproveitamento das raízes de mandioca é o conteúdo de compostos cianogênicos (HCN), variável para diferentes cultivares de mandioca. Assim, as variedades cultivadas que apresentam baixos teores desses compostos nas raízes, popularmente denominadas mansa, aipim ou macaxeira, podem ser consumidas 'in natura' e/ou utilizadas para qualquer outra finalidade. As raízes de cultivares com alto teor de compostos cianogênicos, chamadas de mandiocas

“bravas”, somente podem ser consumidas após serem submetidas a algum processo de destoxificação, sendo utilizadas para a produção de farinha e fécula.

Portanto, mandioca de mesa se diferencia da mandioca brava por apresentar baixos teores de ácido cianídrico (HCN) nas raízes. Além de baixos teores de HCN nas raízes, as variedades de mandioca indicadas para mesa devem apresentar sabor característico e agradável, cozimento mais rápido e estável, boa qualidade da massa cozida, maior tempo de conservação após a colheita e cor da polpa da raiz variável de acordo com os costumes de cada região.

Atualmente existe uma crescente preocupação por parte dos melhoristas de plantas, em relação aos aspectos nutricionais dos alimentos, tendo grande importância a seleção de variedades com teores protéicos, de minerais e vitaminas mais elevados e com menor concentração de substâncias antinutricionais. Considerando-se os graves problemas nutricionais das populações de países subdesenvolvidos, onde a mandioca é a base alimentícia, a obtenção de variedades ricas em nutrientes é de grande vantagem tanto pelo baixo custo de produção da cultura, quanto pelo suprimento das necessidades nutricionais da população.

Inserindo neste contexto o Programa de Melhoramento Genético da Mandioca do Instituto Agrônomo de Campinas (IAC) tem como meta atual desenvolver novas variedades para mesa com ótimas características nutricionais e que possuam características pelo menos semelhantes as da variedade IAC 576-70. Na atualidade, essa variedade é a principal do mercado, visto que domina quase que totalmente as áreas de produção, deixando bastante vulnerável a cadeia de produção da mandioca de mesa. Por esse motivo, o Programa do IAC vem buscando selecionar variedades destinadas à mesa, que possuam características padrões como: alta produtividade, resistência ao agente causador da bacteriose (*Xanthomonas axonopodis* pv *campestris*), baixo teores de compostos cianogênicos e boa qualidade sensorial das raízes, principalmente em relação ao sabor. Além dessas características já estabelecidas, o Programa do IAC visa também promover a melhoria nutricional da mandioca, selecionando plantas com raízes de cor amarela, que além de ter grande aceitação de mercado, estão associadas a altos teores de carotenóides pró-vitamínicos A e, avaliar outros micronutrientes (minerais) na composição de suas raízes.

O objetivo desse trabalho foi avaliar clones de mandioca em processo de seleção pelo Programa de Melhoramento do IAC, quanto às características agrônômicas e,



principalmente quanto aos aspectos nutricionais, visando identificar clones que possam tornar-se cultivares com características nutricionais diferenciadas.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1 Histórico e Melhoramento Genético da Mandioca

A mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz), também conhecida popularmente por aipim e macaxeira, é uma espécie cultivada mundialmente nas regiões tropicais, pertencente à família Euphorbiaceae e, é a única espécie cultivada dentro do gênero *Manihot*. A sua alta heterozigosidade, favorecida pelos cruzamentos naturais intra-específicos e propagação vegetativa, resultou em um grande número de variedades com diferentes características morfológicas, permitindo adaptação às diversas condições de clima e solo, bem como resistência e/ou tolerância a pragas e doenças (LORENZI, 2003).

A sua origem deu-se no continente americano, possivelmente no Brasil Central, sendo amplamente cultivada pelos indígenas, já na época do descobrimento. Eles foram os responsáveis pela sua disseminação pela América, e os portugueses e espanhóis pela difusão por outros continentes, especialmente África e Ásia (LORENZI, 2003).

O melhoramento de mandioca iniciou-se no Brasil, utilizando métodos científicos no início do século 20 com os trabalhos de Zehntner em 1919, no Estado de São Paulo. Em 1935, o Instituto Agrônomo iniciou a exploração da variabilidade entre cultivares nativas e, em 1940 iniciou-se a recombinação entre genótipos através de cruzamentos controlados, seguidos de seleção para produtividade, bom padrão culinário, baixo teor de ácido cianídrico e alto teor de matéria seca, além de resistência às doenças (NORMANHA, 1971).

Apesar do consumo de mandioca de mesa ser elevado, a quantidade real da sua produção é desconhecida, devido a grande parte do seu cultivo ser realizado em âmbito doméstico, não passando por um processo organizado de comercialização (PEREIRA et al., 1985). Variedades para a comercialização 'in natura' devem apresentar além de alta produtividade, bom padrão comercial das raízes e resistência a pragas e doenças (características de grande interesse do produtor), acrescidas de baixo potencial cianogênico e de boas qualidades sensoriais: sabor característico e textura macia. Boas qualidades sensoriais normalmente estão associadas a cozimento rápido, abaixo de 30

minutos (LORENZI, 1994). Essas características, embora altamente variáveis, são freqüentemente passíveis de seleção, possibilitando a identificação de variedades de melhor desempenho e qualidade (WHEATLEY, 1991).

Um estudo importante para o melhoramento é estimar o coeficiente de determinação genotípica “b”, medindo a proporção da variância fenotípica total, de natureza genética, com valores de 0 a 1, sendo que, quando toda a variância fenotípica for de natureza ambiental o seu valor será igual a zero e, quando toda a variância fenotípica for de natureza genética, os valores assumidos serão iguais a 1. Esse coeficiente é semelhante ao coeficiente de herdabilidade, sendo a diferença devida ao fato dos tratamentos serem fixos e não aleatórios (DANTAS, 1984).

## **2.2 Melhoramento para Características Agronômicas**

### **2.2.1 Produtividade de raízes**

O cultivo da mandioca está quase que exclusivamente relacionado à produção de raízes, sendo este o principal critério de seleção. Considerando-se que esta característica é altamente influenciável pelo ambiente, é necessária uma avaliação mais precisa, e também verificar-se quais características apresentam alta correlação com a produção.

Freqüentemente, os coeficientes de correlação linear são utilizados para avaliar o grau de associação entre a produção de raízes com outras características. Geralmente, características correlacionadas estão ligadas ao vigor da planta. Essas associações são importantes quando se deseja determinar o perfil de clones superiores ou estimar a produtividade (VALLE, 1990).

Segundo COCK (1978), o potencial da cultura seria de 90 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup> e, considerando-se o rendimento médio nacional de 13 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, constata-se uma baixa produtividade, que pode ser incrementada pelo melhoramento genético e pelo uso de práticas culturais adequadas.

### **2.2.2 Altura de planta**

A avaliação da altura de planta no programa de melhoramento está relacionada a facilitar a prática de tratos culturais, ou seja, quanto mais altas a planta e sua primeira ramificação, maior a facilidade no manejo da cultura. Essa característica correlaciona com a produtividade, mas em menor magnitude quando comparada com o peso da parte aérea (VALLE, 1990).

### **2.2.3 Índice de colheita (IC)**

O índice de colheita (IC) é uma característica que vem sendo utilizada amplamente no melhoramento da mandioca, medindo-se as proporções de raízes na biomassa total. KAWANO et al. (1982) verificaram em populações segregantes, que o IC tem alto coeficiente de correlação linear com produção de raízes e, também apresenta maior estabilidade durante as diversas fases de seleção.

Geralmente, maiores valores de IC estão relacionados a maiores produtividades, devido a ser uma característica de genótipos que alocam maior biomassa às raízes, conseqüentemente, permitindo maior densidade populacional pela redução proporcional da parte aérea. Entretanto, quando utilizada isoladamente, leva à seleção de genótipos com capacidade de reprodução por manivas comprometida (VALLE, 1990).

## **2.3 Melhoramento para Características Qualitativas e Nutricionais**

### **2.3.1 Melhoramento para características qualitativas**

#### **2.3.1.1 Compostos cianogênicos (HCN)**

Apesar da grande utilização da mandioca na alimentação humana, existe certa restrição ao seu consumo devido à presença de glicosídeos cianogênicos que são capazes de liberar o radical cianeto ( $\text{CN}^-$ ), substância altamente tóxica aos animais. Variedades com concentrações superiores a 100-150 mg de equivalentes de  $\text{HCN kg}^{-1}$  de massa fresca de polpa de raízes devem ser rigorosamente processadas para serem consumidas com segurança. Concentrações maiores também podem estar associadas ao sabor amargo. A capacidade da mandioca de gerar cianeto originou a classificação de mandioca mansa e mandioca brava. Uma classificação adotada universalmente, proposta por KOCH, citado por LORENZI et al. (1993), determina que mandiocas inócuas possuam menos de  $50 \text{ mg kg}^{-1}$  de HCN na polpa crua. Já as moderadamente venenosas possuem 50 a  $100 \text{ mg kg}^{-1}$  e, as venenosas, mais de  $100 \text{ mg kg}^{-1}$ . No entanto, LORENZI et al. (1993) ao avaliarem o conteúdo cianogênico de 206 variedades de mandioca coletadas em “fundos de quintais”, de 126 municípios do Estado de São Paulo, onde se encontra a principal fonte de diversidade genética da espécie no Estado, verificaram que 67% das variedades apresentaram teores com até  $100 \text{ mg}$  de eq.  $\text{HCN kg}^{-1}$  de polpa fresca. A partir desta constatação, em que o consumo de variedades de mandioca por uma parcela significativa da população paulista era realizado com o dobro do conteúdo de HCN, considerado até então como inócuo ( $50 \text{ mg eq. HCN kg}^{-1}$  de raízes), o Instituto Agrônômico passou a adotar a seguinte classificação: variedades

mansas – com menos de 100 mg eq. HCN kg<sup>-1</sup> de polpa crua das raízes; intermediárias – variedades com 100 a 200 mg eq. HCN kg<sup>-1</sup> de tecido fresco e, bravas – variedades com teores acima de 200 mg eq. HCN kg<sup>-1</sup> de peso fresco.

Segundo JONES (1998), muitas espécies alimentícias são cianogênicas (feijão, cana-de-açúcar, aveia e vagem), sendo a cianogênese tida como um mecanismo de defesa química das plantas, as quais produzem compostos tóxicos derivados do metabolismo secundário (KAKES, 1994).

De acordo com MACMAHON et al. (1995), os glicosídeos cianogênicos (HCN) da mandioca são composto por 95% de linamarina e 5% de lotustralina, distribuídos de forma variável nas diferentes partes da planta, entretanto, a parte comestível das raízes contém menores níveis de HCN do que as folhas, o caule e o córtex das raízes. BOLHUIS (1954) afirmou que esses cianoglicosídeos distribuem-se por toda a planta, porém a concentração varia substancialmente entre variedades. Além destes, a planta possui a enzima linamarase ( $\beta$ -glicosidase), presente principalmente na casca da mandioca, que é a responsável pela hidrólise dos compostos cianogênicos quando a planta ou raiz sofre algum tipo de lesão, resultando na liberação de cianeto (CN<sup>-</sup>).

A biosíntese da linamarina e lotustralina realiza-se principalmente nas folhas jovens e pecíolos e, respectivamente, a partir dos aminoácidos valina e isoleucina. Em seguida, os compostos são translocados, via floema, para as raízes (BOKANGA, 1994), sendo o conteúdo cianogênico das raízes determinado principalmente pela característica varietal, porém pode variar de acordo com as condições ambientais, práticas culturais (BRUIJN, 1971; COURSEY, 1973; MCMANON et al., 1995) e estado fisiológico da planta. Porém, o componente genético é um dos principais fatores determinantes do HCN e o que apresenta a maior estabilidade, com isso, é possível classificar as variedades de mandioca quanto à sua toxicidade (FUKUDA & BORGES, 1988; LORENZI & DIAS, 1993).

Portanto, variedades de mesa, ao serem selecionadas para consumo na forma cozida, devem apresentar concentrações inferiores a 100 mg eq. HCN kg<sup>-1</sup> de polpa fresca de raiz.

### **2.3.1.2 Tempo de cocção e qualidade de massa cozida**

Segundo NORMANHA (1988) e WHEATLEY (1991) a qualidade culinária das raízes é pouco estudada e, as causas de sua variabilidade e instabilidade são pouco conhecidas. De acordo com PEREIRA et al. (1985), existem diversos fatores de

qualidade que devem ser considerados, mas os de maior importância são a textura, a plasticidade e a pegajosidade da massa cozida. NORMANHA (1988) considerou uma mandioca cozida e de boa qualidade de massa àquela em que a polpa cozida fosse facilmente esmagada e desfeita, quando amassada com um garfo, até o ponto de purê, ficando como uma pasta moldável e plástica.

Entretanto, os trabalhos desenvolvidos por PEREIRA et al. (1985) e FUKUDA & BORGES (1988), demonstraram que existe forte correlação negativa entre a duração do tempo de cozimento com essas características, ou seja, quanto menor o tempo de cozimento, melhor a massa cozida. Portanto, a simples determinação da duração do tempo de cozimento é uma segura avaliação indireta da qualidade de massa cozida (LORENZI, 1994).

LORENZI (1994) ao avaliar a qualidade culinária das raízes de mandioca, verificou que a duração do tempo de cozimento variou dentro e entre raízes da mesma planta e entre plantas da mesma variedade. Verificou também que o cozimento variou em função da variedade, do tipo de solo e das épocas de colheitas. FUKUDA & BORGES (1988) e BORGES et al. (2002) ao avaliar variedades, igualmente observaram que existe grande variabilidade em relação ao tempo de cozimento. Logo, pode-se sugerir que o tempo de cozimento é um caráter passível de seleção em cultivares de mandioca de mesa (FUKUDA & BORGES, 1988; BORGES et al., 2002).

### **2.3.2 Melhoramento para características nutricionais**

Levando-se em consideração os problemas de má nutrição e de saúde pública encontrados em todo o mundo, principalmente em países pobres e em desenvolvimento, atualmente existe preocupação por parte dos melhoristas em obter novas variedades de plantas cultivadas que possuam um alto valor nutricional (WELCH & GRAHAM, 2002).

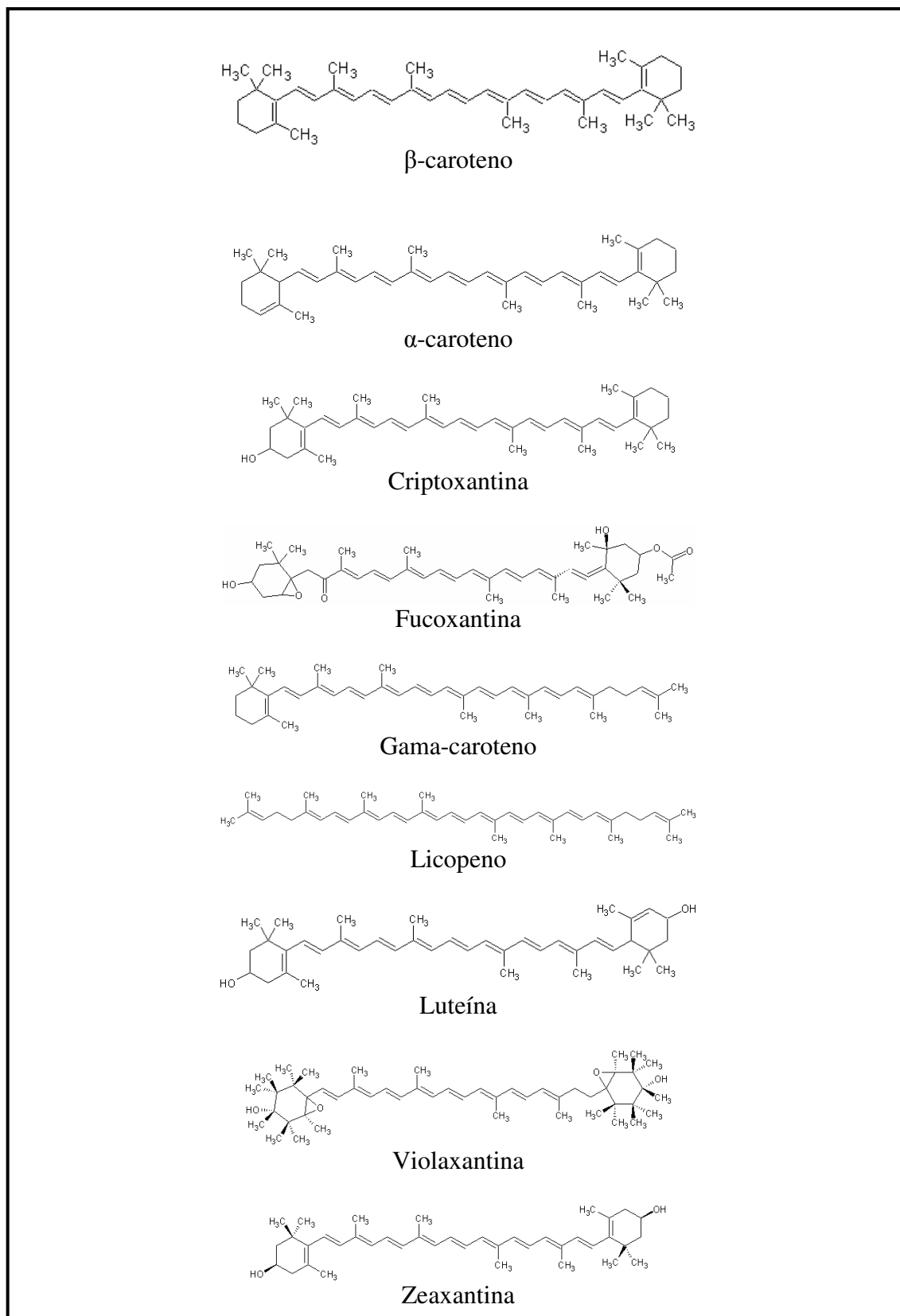
Para se estabelecer um programa de melhoramento nutricional de plantas deve-se levar em consideração alguns pontos para que se obtenha sucesso: (a) a produtividade deve ser mantida ou aumentada para garantir uma aceitação por parte dos agricultores; (b) os níveis de nutrientes devem ter impactos significativos sobre a saúde humana; (c) esses níveis de nutrientes devem ser estáveis em vários ambientes e situações climáticas; (d) a biodisponibilidade dos nutrientes devem ser testadas em humanos, em condições tradicionais de preparo do alimento, para verificar o benefício trazido por

esse enriquecimento nutricional e; (e) deve-se testar a aceitação do consumidor, com relação a sabor, textura, cozimento desses alimentos (WELCH & GRAHAM, 2002).

### **2.3.2.1 Carotenóides**

Os carotenóides são moléculas geralmente tetraterpenóides de 40 átomos de carbono, podendo ter coloração amarela, laranja ou vermelha (Figura 1). Estes são encontrados em vegetais, sendo classificados em carotenos ou xantofilas. O  $\beta$ -caroteno e o licopeno são exemplos de carotenos, enquanto a luteína e a zeaxantina são xantofilas. Os carotenóides são sensíveis à luz, temperatura e acidez, além de ser insolúveis em água e solúveis em solventes, como acetona, álcool e clorofórmio (AMBRÓSIO et al., 2006).

CARVALHO (1996) relata que as diferenças nas estruturas dos carotenóides pró-vitamínicos lhes conferem diferentes capacidades de conversão em vitamina A. Essa mesma autora, citando BAUERNFEIND (1972), afirma que o  $\beta$ -caroteno possui 100% de atividade vitamínica A, ou seja, a totalidade de  $\beta$ -caroteno é convertida em vitamina A. Além deste diversos outros carotenóides possuem atividade pró-vitamínica, sendo o  $\alpha$ -caroteno, o segundo com maior atividade vitamínica, cerca de 50%.



**Figura 1** – Estrutura química de nove carotenóides (AMBROSIO et al., 2006)

### **2.3.2.2 Hipovitaminose A**

A vitamina A é uma vitamina lipossolúvel, sem valor energético, que o organismo humano sintetiza em quantidade insuficiente, ou mesmo não a sintetiza sendo necessárias quantidades mínimas, as quais podem ser fornecidas pelos alimentos.

As deficiências de micronutrientes, em especial de vitamina A, têm merecido destaque, devido ao número crescente de evidências que comprovam o seu impacto negativo na saúde de grupos de maior vulnerabilidade nutricional como: gestantes, recém-nascidos, e crianças na idade pré-escolar (RAMALHO et al., 2002). Ainda segundo RAMALHO et al. (2002) foi encontrada em todas as regiões brasileiras a carência de vitamina A. De acordo com AMBRÓSIO et al. (2006), os níveis diários adequados de vitamina A para prevenir sintomas de deficiência em crianças são de 200 a 300 µg; em adultos, de 500 a 600 µg; em gestantes, 550 µg e cerca de 900 µg em lactantes.

A vitamina A é a mais estudada das vitaminas, já que sua deficiência prolongada causa uma grave doença, a hipovitaminose A. A deficiência de vitamina A (DVA) está associada à deficiência protéico-calórica podendo acarretar, nos casos mais avançados, xeroftalmia, cegueira parcial ou total e morte, em milhares de crianças no mundo, constituindo um dos principais problemas nutricionais de populações de países em desenvolvimento (AMBRÓSIO et al., 2006). É uma doença que atinge principalmente grupos de baixo nível sócio-econômico que se alimentam mal e vivem em condições sanitárias pouco satisfatórias (SOUZA & VILAS BOAS, 2002).

A ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (2006) estima que, a cada ano, mais de 250 mil crianças ficam cegas, devido ao baixo consumo de vitamina A, cuja fonte pode-se apresentar como vitamina A, derivada de produtos de origem animal, ou sob a forma de carotenóides pró-vitamínicos A, que são convertidos em vitamina A no corpo humano.

### **2.3.2.3 Fortificação de alimentos**

A fortificação de alimentos é uma maneira de suprir a deficiência de micronutrientes, sendo uma alternativa no combate a deficiências específicas de grupos com grande carência nutricional. Na maioria dos produtos, a fortificação é feita com a utilização de carotenóides pelo fato de apresentarem toxicidade menor do que a vitamina A (ZANCUL, 2004).



A fortificação apresenta várias vantagens, mas também algumas dificuldades. Como vantagens podem-se citar a alta cobertura populacional, o fato de não modificar os hábitos alimentares e de apresentar baixo risco de toxicidade. Já como dificuldades têm-se a possibilidade do consumo exagerado do alimento, a sua distribuição e o preço (ZANCUL, 2004).

Para os países em desenvolvimento, devem-se levar em consideração as dificuldades existentes no acesso da população aos alimentos fortificados industrializados. A recente introdução da biofortificação pode, nesses casos, representar um novo e importante papel, na redução da deficiência de micronutrientes no Mundo (McCLAFFERTY & RUSSELL, 2002).

McCLAFFERTY & RUSSELL (2002) também afirmaram que a biofortificação é uma estratégia, que já vem sendo utilizada em programas de melhoramento genético e, que pode ser uma importante ferramenta no combate à deficiência da vitamina A, com a maior vantagem de não modificar o comportamento de produtores e consumidores.

Estudos realizados por BEYER et al. (2002), através de engenharia genética, introduziram  $\beta$ -caroteno no endosperma do arroz para a produção do chamado 'Golden Rice'. Atualmente, estão sendo desenvolvidas pesquisas para que o arroz enriquecido com  $\beta$ -caroteno seja usado nos países em desenvolvimento, para combater a deficiência de vitamina A.

Segundo ZANCUL (2004) em Uganda, país onde a batata doce é o principal alimento de 90% das famílias das regiões mais pobres, foi desenvolvida uma variedade de batata doce enriquecida por carotenóides, que cresce rápido em qualquer tipo de solo e, que pode ser de grande importância no combate à deficiência de vitamina A no país.

#### **2.3.2.4 Carotenóides em mandioca**

Hoje em dia, está estabelecido que a mandioca é primeiramente produtora de calorias, mas que existem alguns genótipos que contém outros importantes nutrientes. Sabe-se também que existem variedades de mandioca com concentrações relativamente altas de pró-vitamina A nas raízes e com antecedentes genéticos de desempenho agrônomico aceitável (CEBALLOS, s.d.).

Um programa de melhoramento da mandioca visando aumentar os níveis de carotenóides pró-vitamínicos seria de grande interesse para diminuir os problemas causados pela carência de vitamina A (FIGUEIREDO et al., 1977).

ORTEGA-FLORES (1991) relatou que o primeiro trabalho em que se determinou a presença de carotenos em mandioca foi o de MARAVALHAS, realizado em 1964. Este autor verificou a presença de carotenóides em variedades amazônicas de mandioca, constatando a predominância de  $\alpha$ -caroteno.

PENTEADO (1987) e ORTEGA-FLORES (1991) avaliando os teores de carotenóides com atividade pró-vitáminica em variedades de mandioca do Estado de São Paulo, verificaram que os principais carotenóides presentes nas raízes dessas variedades foram o trans- $\beta$ -caroteno e os seus isômeros neo- $\beta$ -caroteno B e neo- $\beta$ -caroteno U. Essas autoras demonstraram que o cozimento promoveu uma diminuição da atividade pró-vitáminica A das cultivares analisadas.

IGLESIAS et al. (1997), estudando o potencial genético e a estabilidade dos carotenóides em raízes de mandioca, verificaram que a presença de carotenóides nas raízes é determinada por dois pares de genes, sendo um responsável pelo transporte dos carotenóides até as raízes e outro pelo acúmulo dos pigmentos. Ainda segundo estes autores, apesar da existência da correlação entre a cor da polpa da raiz e a presença de carotenóides, devem-se realizar análises qualitativa e quantitativa dessas substâncias, visto que nem todos os carotenóides possuem atividade vitamínica. Portanto, com a finalidade de aumentar a eficiência da seleção, essas avaliações químicas possibilitarão um aumento da qualidade nutricional de futuras cultivares de mandioca.

CHÁVEZ et al. (2005), ao avaliarem características de qualidade da raiz de mandioca, observaram que os teores de carotenóides variaram muito (0,102 a 1,040 mg 100g<sup>-1</sup> de tecido fresco) entre os mais de dois mil genótipos avaliados. Os autores verificaram que os teores de carotenóides correlacionaram com a cor das raízes ( $\rho = 0,860$ ) e com o potencial cianogênico ( $\rho = 0,305$ ).

Estudos realizados por CARVALHO et al. (2005a), avaliando 20 clones de mandioca originados do Programa de Melhoramento da Mandioca do IAC, em relação à coloração de raízes e concentrações de carotenóides pró-vitamínicos A, verificaram uma forte correlação entre essas duas características. Os autores verificaram também que o consumo de 100g de raiz de um determinado clone, com cerca de 1124,6  $\mu$ g 100g<sup>-1</sup> de  $\beta$ -caroteno, supre 40% das necessidades diárias de vitamina A de um indivíduo adulto, colocando esse alimento como fonte desse nutriente.

Em outro trabalho CARVALHO et al. (2005b), avaliando um clone com elevado teor de  $\beta$ -caroteno e submetido ao processamento de produção de farinha, verificaram

que 60% do  $\beta$ -caroteno presentes nas raízes, permaneceram na farinha mesmo após todo o processamento realizado.

### **2.3.2.5 Componentes minerais**

A deficiência de minerais, além da deficiência de vitaminas, é um grave problema de nutrição e de saúde pública em todo o mundo, principalmente em países em desenvolvimento como o Brasil. A recente introdução da biofortificação pode, nesses casos, representar um novo e importante papel, como parte do sistema integrado, que visa a redução da deficiência de micronutrientes no mundo (ZANCUL, 2004).

De acordo com LOBO & TRAMONTE (2004), os minerais são elementos inorgânicos amplamente distribuídos na natureza, que desempenham diversas funções metabólicas no organismo animal. A OMS (2006) classifica os elementos traços em três grupos, em função da sua significância nutricional em humanos: elementos essenciais (I, Zn, Se, Cu, Mo, Cr, Fe e Co), elementos provavelmente essenciais (Mn, Si, Ni, B e V) e elementos potencialmente tóxicos, sendo que alguns desses podem apresentar alguma função essencial em níveis baixos de concentração (F, Pb, Hg, As, Al, Li e Sn).

Diversos trabalhos citados por WELCH & GRAHAM (2002) demonstram o potencial genético de algumas culturas, com relação aos micronutrientes. Os autores citaram um trabalho desenvolvido pelo Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT), onde foram avaliados 1000 acessos do banco de germoplasma de feijão, com relação aos teores de Fe e Zn. Os níveis de Fe variaram de 34 a 89  $\mu\text{g g}^{-1}$ , com média de 55  $\mu\text{g g}^{-1}$ , e os de Zn entre 21 a 54  $\mu\text{g g}^{-1}$ , com média de 35  $\mu\text{g g}^{-1}$ . O trabalho mostrou também que acessos originados do Peru, apresentaram níveis de Fe de 100  $\mu\text{g g}^{-1}$  mas, com níveis de Zn muito baixo. Eles concluíram que toda essa variabilidade genética é suficiente para aumentar significativamente os níveis de Fe em aproximadamente 80% e os de Zn em 50% em feijão comum.

Outro trabalho citado por WELCH & GRAHAM (2002), foi desenvolvido por Instituto Internacional de Pesquisa do Arroz (IRRI). Desde 1992, acessos do banco de germoplasma de arroz vêm sendo avaliados em relação à concentração de Fe e, a partir, de 1995, o Zn foi incluído nessa avaliação. Eles constataram que entre os 939 genótipos avaliados, os níveis de Fe variaram de 7,5 a 24  $\mu\text{g g}^{-1}$  e, os de Zn, de 13,5 a 58,4  $\mu\text{g g}^{-1}$ , sugerindo a existência de um potencial genético para o aumento das concentrações de Fe e Zn em arroz.

Um trabalho desenvolvido por GRAHAM e colaboradores (1999), citado por WELCH & GRAHAM (2002), mostrou uma grande variabilidade dos níveis de Fe e Zn entre os 132 acessos do banco de germoplasma de trigo do Centro Internacional de Milho e Trigo (CYMMYT). A concentração de Fe variou de 28,8 a 56,5  $\mu\text{g g}^{-1}$  e a de Zn de 25,2 a 53,3  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Essa grande variabilidade permitirá um aumento substancial das concentrações desses micronutrientes nos grãos de trigo. Os autores verificaram também a existência de uma forte correlação positiva entre Fe e Zn, o que permitirá o melhoramento simultâneo dos níveis desses elementos em trigo.

### 3 MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 Caracterização dos Clones

Os clones avaliados neste trabalho pertencem ao Programa de Melhoramento de Mandioca de Mesa do Instituto Agrônômico (IAC) (Tabela 1).

**Tabela 1** – Clones de mandioca de mesa avaliados, Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Clones		
265/97	290/97	66/99
16/00	27/00	113/00
108/00	33/00	28/00
109/00	56/99	105/00

A figura 2 apresenta o fluxograma do Programa de melhoramento de Mandioca do IAC e identifica as fases onde se insere o presente trabalho.

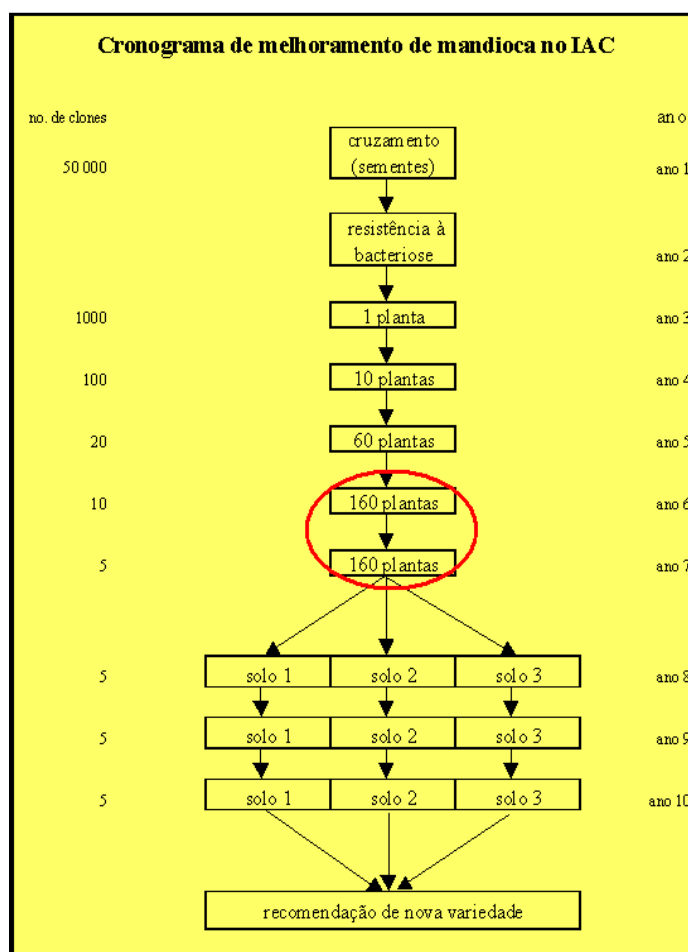
Os 12 clones avaliados pertencem a um grupo elite que já passaram por no mínimo seis ciclos de seleção onde se priorizou a resistência à bacteriose, características agrônômicas (produção e padrão de raízes, arquitetura da parte aérea) e a coloração amarela da polpa das raízes e, uma avaliação para teor de carotenóides (Carvalho et al., 2005a).

A codificação dos clones contém duas informações: a primeira refere-se ao número do clone selecionado e o segundo ao ano em que foi feita a primeira seleção de campo do genótipo, ou seja, o ano em que o clone passou a ser identificado

individualmente. Por exemplo, o clone 265/97 refere-se ao clone número 265 selecionado em 1997.

Os clones aqui trabalhados originaram-se de cruzamentos feitos em 1995 a 1997, utilizando como parentais, as variedades IAC 576-70, SRT 797 – Ouro do Vale, IAC 14-18, IAC 289-70 e SRT 1221.

Foi utilizada a variedade IAC 576-70 como testemunha, originada do cruzamento das variedades SRT 797 – Ouro do Vale e IAC 14-18, feito em 1970. A partir de 1990, seu plantio passou a ser recomendado, disseminando-se rapidamente, quando se mostrou superior às variedades existentes no mercado (LORENZI et al., 1990).



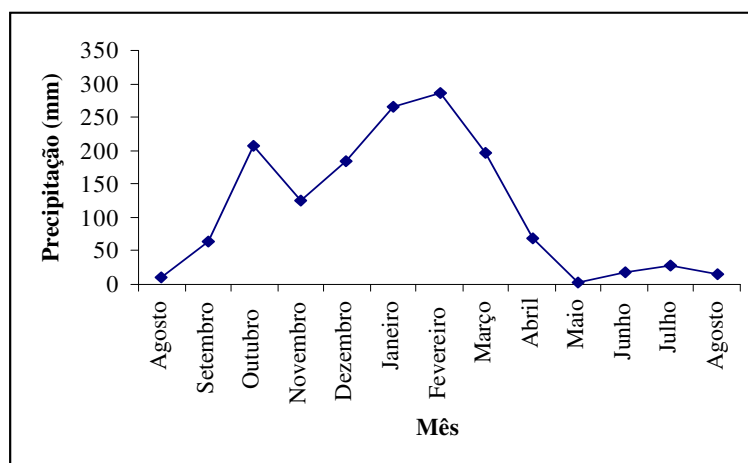
**Figura 2** – Fluxograma do Programa de Melhoramento Genético da Mandioca de Mesa do Instituto Agrônomo (IAC). O círculo vermelho identifica a fase onde está localizado o presente trabalho de pesquisa dentro do Programa.

### 3.2 Caracterização da Área Experimental

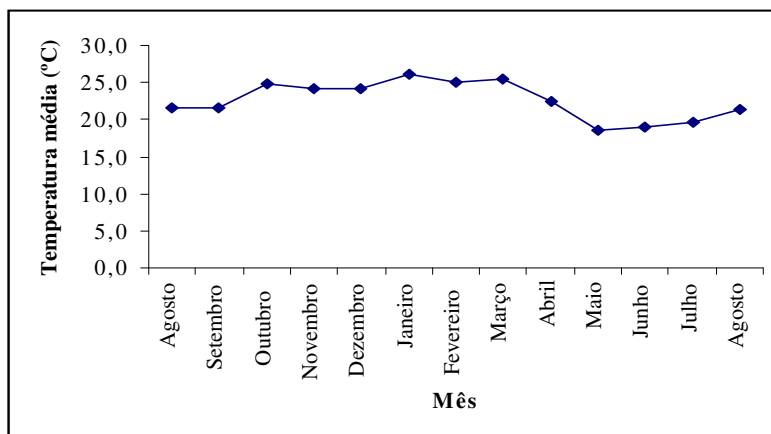
O experimento foi conduzido em propriedade particular do Engenheiro Agrônomo e Agricultor Luiz Henrique Teresani de Freitas, situada no município de Engenheiro Coelho, SP (22° 24''S, 47° 09''W, altitude média de 637m).

O clima da região onde foi instalado o experimento segundo a classificação de Koeppen é do tipo mesotérmico Cwa, ou seja, clima tropical de altitude, com inverno seco e verão quente.

A umidade relativa do ar fica entre 70 e 75%. Dados das precipitações e temperaturas médias mensais ocorridas durante o período de condução do ensaio (agosto de 2005 a julho de 2006), coletados pelo posto meteorológico da Casa da Agricultura de Engenheiro Coelho, estão apresentados nas figuras 3 e 4.



**Figura 3** – Precipitações médias mensais durante o período de condução do ensaio (2005-2006), Engenheiro Coelho-SP.



**Figura 4** – Temperaturas médias mensais durante o período de condução do ensaio (2005-2006), Engenheiro Coelho-SP.

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm e conduzidas ao Laboratório de Fertilidade do Solo do IAC para análise química. Os resultados da análise química do solo encontram-se na tabela 2.

**Tabela 2** – Resultados da análise química do solo da área experimental, (0-20 cm), Engenheiro Coelho-SP, 2005.

<b>Rotina</b>									
pH CaCl <sub>2</sub>	MO (g dm <sup>-3</sup> )	P (mg dm <sup>-3</sup> )	H+Al	K	Ca	Mg (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	SB	CTC	V (%)
4,5	31	4	42	2,9	14	7	24	66	36
Micronutrientes									
B	Cu	Fe (mg.dm <sup>-3</sup> )		Mn	Zn				
0,18	4,9	38		5,5	0,9				

### 3.3 Instalação do Experimento

A área onde foi alocado o experimento esteve em pousio durante quatro anos. O solo foi preparado de forma convencional, isto é, arado com dois meses de antecedência para eliminação da população de plantas daninhas, predominantemente braquiária, e uma semana antes do plantio foi novamente arado, gradeado e sulcado no espaçamento de 1m entre as linhas. Não foi feita qualquer adubação porque se considerando a análise de solo, longo tempo de pousio e incorporação da massa verde, e solo naturalmente fértil, concluiu-se ser satisfatória a fertilidade do solo.

Foram utilizadas manivas-sementes de 20 cm de comprimento, selecionadas visualmente sem qualquer comprometimento sanitário ou dano mecânico. As ramas tiveram origem de um experimento anterior localizado no mesmo município e foram armazenadas durante uma semana.

O experimento de campo foi plantado em 12 de agosto de 2005, onde colocou-se as manivas-sementes na horizontal a 10 cm de profundidade, no espaçamento 1m x 1m. As parcelas experimentais foram constituídas de 40 plantas (4 linhas com 10 plantas).

O mato foi controlado com aplicação de trifluralina antes do plantio e carpido por quatro vezes. O experimento foi irrigado por uma semana após o plantio.

O experimento foi colhido em 05 de julho de 2006, sendo que na colheita, para fins de avaliação, consideraram-se apenas as duas linhas centrais. A área experimental ocupou aproximadamente 2000 m<sup>2</sup>.

### **3.4 Características Avaliadas**

As características avaliadas em campo foram: estande final, produção total de raízes, produção de raízes comerciais e produção de raízes descarte, peso da parte área, peso total de plantas, índice de colheita (IC), altura da planta, altura da primeira ramificação e relação da altura da primeira ramificação em relação à altura total da planta. As características qualitativas e nutricionais avaliadas em laboratório foram: teor de compostos cianogênicos, tempo de cozimento, matéria seca, teores de carotenóides totais e pró-vitaminícos A, composição mineral das raízes.

**3.4.1.0**



### **3.4.3 Alturas das plantas e da primeira ramificação**

A altura das plantas foi medida do nível do solo até o broto terminal, com régua graduada, em dez plantas, escolhidas aleatoriamente, por parcela experimental. A altura da primeira ramificação foi determinada do solo até o ponto de sua emergência. Essas duas medidas foram feitas por ocasião da colheita do ensaio.

### **3.4.4 Índice de colheita (IC)**

O índice de colheita foi obtido por meio da relação entre massa fresca das raízes e a massa fresca total da planta, em cada parcela experimental.

A fitomassa foi obtida a partir das pesagens das raízes tuberosas, manivas-mãe, hastes, pecíolos, folhas com a exceção das raízes absorventes que ficaram no solo. Considerou-se a fitomassa com base na matéria fresca, a partir das massas observadas em cada parcela experimental.

### **3.4.5 Dosagem dos compostos cianogênicos (HCN)**

De cada parcela experimental foram selecionadas 13 raízes das consideradas comerciais, de onde foram retirados toletes do terço médio central com 10 cm de comprimento. Estes foram descascados, retirando-se a película e a entrecasca. Os toletes foram cortados longitudinalmente ao meio, selecionando-se uma metade para a análise do teor de compostos cianogênicos e a outra para a avaliação do tempo de cozimento.

As metades selecionadas para a dosagem dos cianoglicosídeos foram picadas em pedaços de aproximadamente 1cm<sup>3</sup>, utilizando-se um picador de legumes. As amostras foram homogeneizadas, de onde se retirou sub-amostras de aproximadamente 150 g de material, em duplicata. Essas sub-amostras foram trituradas individualmente em liquidificador, com 500 mL de ácido fosfórico 0,1 M (H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 85%) por três minutos alternados com um minuto de repouso. Os extratos foram transferidos para recipientes plásticos descartáveis e deixados em repouso, por pelo menos uma hora, para decantação do amido em suspensão. Coletaram-se 7,5 mL do sobrenadante, acondicionado-o em tubos de ensaio com tampa, adicionando-se a seguir 2,5 mL de etanol (98%). Os tubos com as referidas soluções foram agitados e armazenados a -18 °C, para posterior determinação do conteúdo cianogênico.

A extração e a dosagem dos compostos cianogênicos foram feitas no Laboratório de Fitoquímica do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais do IAC, com a determinação dos compostos cianogênicos realizada de acordo

com a metodologia desenvolvida por COOKE et al. (1979), aperfeiçoada por O'BRIEN et al. (1991) e ESSERS et al. (1993) e modificada por CARVALHO e colaboradores (não publicado).

Desta maneira, para cada repetição de campo, foram analisadas duas sub-amostras, sendo estas avaliadas em baterias com duas repetições de laboratório, perfazendo um total de dezesseis repetições analíticas, e a média dos resultados analíticos foi tida como conteúdo cianogênico da polpa crua das raízes.

#### **3.4.6 Duração do tempo de cocção**

Na determinação do tempo de cozimento dos clones em avaliação foram utilizadas as metades de sete cilindros de raízes, selecionadas e usadas na determinação do teor de compostos cianogênicos.

A duração do tempo de cozimento foi determinada de acordo com o método descrito por PEREIRA et al. (1985). Foram colocadas as metades dos sete cilindros de raízes de cada parcela experimental em cestos metálicos com perfurações, e estes colocados em panela de 20L com água fervendo. Cada cesto representou uma parcela experimental e a duração do tempo de cozimento foi medida em cada raiz, utilizando um garfo, espetado a pequenos intervalos de tempo, para determinar o tempo ideal de cozimento (ponto em que a raiz oferece uma pequena resistência à penetração do garfo, típica de mandioca cozida), até o limite máximo de 52 minutos.

#### **3.4.7 Teor de matéria seca**

Para a determinação do teor de matéria seca foram retiradas duas amostras das mandiocas já cortadas em cubos, pesando-se cerca de 100 a 200 g. O método utilizado foi gravimétrico, com o aquecimento das amostras a temperatura constante de 40°C em estufa ventilada, até massa constante (CARVALHO et al., 1990).

#### **3.4.8 Carotenóides totais e pró-vitamínicos A**

As amostras utilizadas foram partes das amostras picadas para determinação dos compostos cianogênicos. Pesaram-se cerca de 10 g de cada amostra vinda do campo experimental, em duplicata. Para quantificação utilizou-se o método descrito por CARVALHO et al. (1990).

#### **3.4.8.1 Extração dos pigmentos**

A extração foi feita em um homogeneizador, do tipo liquidificador de aço inox, com 100 mL de acetona resfriada a 10°C e uma porção de 10 g de celite como agente auxiliador de extração e de filtração. Em seguida, a mistura foi homogeneizada por 2 minutos e a solução com os pigmentos foi filtrada a vácuo em funil de Büchner, recoberto com papel de filtro. Estas operações foram repetidas por três vezes, ou até que todo o resíduo ficasse completamente incolor. Os pigmentos foram transferidos da acetona para 50 a 100 mL de éter de petróleo (30 – 60°C) através de um funil de separação, adicionando-se pequenas porções do pigmento em acetona ao funil. A seguir, a acetona foi retirada por meio de adições sucessivas de água destilada e descarte da parte inferior das fases dos solventes separadas. Após a transferência dos pigmentos para o éter de petróleo, este foi lavado com água destilada por cinco vezes, para garantir a remoção completa da acetona e evitar isomerização das substâncias. O éter de petróleo contendo os pigmentos foi transferido para balões volumétricos, de 50 ou 100 mL, sendo que para a retirada da água residual foi utilizado um funil contendo sulfato de sódio anidro.

Foram feitos testes de saponificação em algumas amostras extraídas e, verificou-se que não ocorreu nenhuma alteração no teor de carotenóides totais entre amostras saponificadas e não saponificadas. Desse modo, devido a esses resultados encontrados e ao baixo teor de lipídios presentes nas raízes de mandioca ( $\pm 0,5\%$ ) não foi necessária a etapa de saponificação das amostras.

#### **3.4.8.2 Determinação do teor de carotenóides totais**

A determinação dos carotenóides totais foi feita segundo o método descrito por CARVALHO et al. (1990), que consistiu na leitura a 453 nm, em espectrofotômetro HITACHI U-2000, dos pigmentos extraídos com acetona e transferidos para éter de petróleo, sendo que nessas condições a concentração de carotenóides totais foi expressa em  $\beta$ -caroteno. Os cálculos foram realizados usando o coeficiente de absorção do  $\beta$ -caroteno em éter de petróleo ( $A_{1\text{cm}}^{1\%} = 2592$ ).

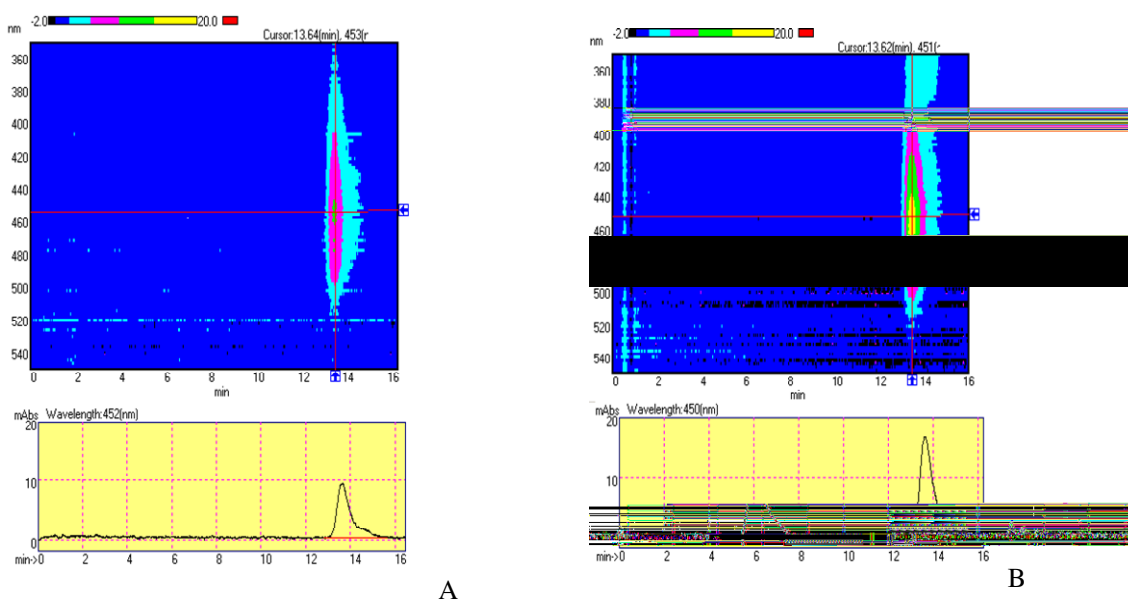
#### **3.4.8.3 Identificação e quantificação dos carotenóides pró-vitamínicos A**

A determinação e quantificação dos carotenóides com atividade vitamínica A foram efetuadas por cromatografia líquida de alta eficiência no Laboratório de

Vitaminas do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do Instituto de Tecnologia de Alimentos (ITAL).

Foram retiradas e evaporadas com fluxo de nitrogênio, alíquotas das amostras usadas na determinação dos carotenóides totais, posteriormente resuspendidas utilizando-se como solvente o sistema de fase móvel: metanol e clorofórmio (97:3, v/v). A separação cromatográfica dos pigmentos foi realizada em coluna C18 (de 25 mm de comprimento, 4 mm de diâmetro interno e recheada com partículas de 5  $\mu$ m), em sistema isocrático com vazão de 1 mL min<sup>-1</sup> e para a identificação dos componentes utilizou-se detector de arranjo de diodos (SPD-M6A, Shimadzu).

Foram injetadas soluções padrão de diferentes carotenóides ( $\beta$ -caroteno,  $\alpha$ -caroteno,  $\beta$ -criptoxantina, entre outros) para comparar os seus tempos de retenção no sistema cromatográfico com os tempos de retenção dos pigmentos extraídos. Uma vez que se verificou que grande parte dos pigmentos das raízes de mandioca era composta por  $\alpha$ -caroteno (Figura 5), para a quantificação dos pigmentos nas amostras foi usado uma curva padrão de  $\beta$ -caroteno. Para os clones em que a porcentagem de  $\beta$ -caroteno foi baixa, a explicação se deve ao fato de uma possível degradação desses pigmentos, já que entre a quantificação dos carotenóides totais e os carotenóides pró-vitâmicos A, ocorreu um intervalo de três a quatro dias, mas, analisando os cromatogramas de cada clone, não foi encontrada a presença de outros carotenóides.



**Figura 5** – Cromatograma de padrão de  $\beta$ -caroteno (A) e dos pigmentos encontrados no clone 108/00 (B).

#### **3.4.8.4 Concentração de vitamina A**

A concentração de vitamina A foi calculada a partir da concentração de  $\beta$ -caroteno presente nas amostras, considerando-se que 6  $\mu\text{g}$  de  $\beta$ -caroteno corresponde a 3,33 UI de atividade vitamina A.

#### **3.4.9 Determinação dos componentes minerais**

Foi feita a determinação de componentes minerais das raízes cruas e cozidas de cada clone, para verificar a composição mineral e a perda desses nutrientes quando submetidas ao processo de cozimento. As amostras de mandioca cozidas utilizadas vieram das amostras usadas nos testes de cozimento, as quais foram secas em estufa ventilada a 40°C, até atingirem massa constante, enquanto que para a determinação dos elementos minerais nas amostras cruas utilizaram-se as amostras secas oriundas das análises de umidade/matéria seca. Tanto as amostras cozidas quanto as cruas foram trituradas e armazenadas em sacos plásticos vedados, para posterior avaliação. Cada clone teve suas amostras originadas de cada parcela experimental misturadas, resultando em uma única amostra para cada clone, sendo estas analisadas em triplicata no Laboratório de Minerais e Contaminantes Inorgânicos do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Química de Alimentos e Nutrição Aplicada do ITAL.

Para cada amostra foram pesados cerca de 5 g, que foram carbonizadas em Bico de Bunsen e logo após, colocadas em mufla a 450°C. Após a incineração, adicionou-se ao resíduo inorgânico 2,5 mL de ácido clorídrico concentrado (MERCK, 37%), transferindo a solução ácida para balão de 50 mL, completando o volume com água purificada.

Para a quantificação dos componentes minerais foi empregada à técnica de Espectrometria de Emissão Óptica em Plasma Indutivamente Acoplado, modelo ICP 2000 (Massachusetts, USA). As condições de operação do equipamento foram: potência do plasma – 0,9 kW; gás refrigerante (Ar) – 7,0 L min<sup>-1</sup>; gás auxiliar (Ar) – 7,0 L min<sup>-1</sup>, vazão da amostra – 2,1 mL min<sup>-1</sup>; altura de observação vertical (acima da bobina de indução) – 19 mm e; pressão do nebulizador (nebulizador babyton) – 3 bar. Os comprimentos de ondas usados para determinação dos minerais foram: K – 766,49; P – 178,28; Mg – 279,08; Ca – 317,93; Na – 539,59; Zn – 213,86; Fe – 259,94; Mn – 257,61; Ba – 493,41 e; Cu – 324,75.

### 3.5 Delineamento Experimental e Análise Estatística

Foi utilizado delineamento inteiramente casualizado com 13 tratamentos e número variável de repetições (Tabela 3), com sub-amostragem dentro das parcelas experimentais.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância considerando-se o modelo de sub-amostragem e as médias dos tratamentos comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. Foi utilizado o software SAS versão 8.2.

**Tabela 3** – Repetições para cada tratamento, Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Tratamento	Número de repetições
IAC 576-70	4
265/97	1
290/97	4
66/99	4
16/00	4
27/00	4
113/00	4
108/00	4
33/00	4
28/00	2
109/00	4
56/99	3
105/00	3

#### 3.5.1 Estimativa do coeficiente de determinação genotípica (b)

Para quantificar a variância de natureza genética em relação à variância fenotípica estimou-se o coeficiente de determinação genotípica (b). Este parâmetro equivale a herdabilidade no sentido amplo, porém, utilizada para tratamentos de efeitos fixos (clones). O coeficiente “b” foi estimado a partir da esperança dos quadrados médios da análise da variância (Tabela 4).

**Tabela 4** – Análise de variância entre e dentro de tratamentos (clones), delineamento inteiramente casualizado e esperança dos quadrados médios.

F.V.	QM	E (QM)
Tratamentos	$QM_T$	$\sigma_d^2 + n^{(1)}\sigma_e^2 + 3,441^{(2)} V_T$
Erro residual	$QM_R$	$\sigma_d^2 + n \sigma_e^2$
Amostragem	$QM_D$	$\sigma_d^2$

(1) Número de amostras coletadas em cada parcela experimental (variáveis: teor de compostos cianogênicos,  $n = 2$ , e tempo de cozimento,  $n = 7$ )

(2) O coeficiente 3,441 é função no número de tratamentos e repetições por tratamento. Foi calculado seguindo os procedimentos descritos por STEEL & TORRIE (1960).

Onde:

$QM_T$  = quadrado médio de tratamentos;

$QM_R$  = quadrado médio do erro experimental;

$QM_D$  = quadrado médio do erro dentro de parcelas;

$\sigma_d^2$  = estimativa do erro experimental entre amostras da mesma parcela experimental;

$\sigma_e^2$  = estimativa do erro experimental (variância ambiental);

$V_T$  = estimativa da variância entre tratamento (variância genotípica);

Desta forma,

$$V_T = \frac{QM_T - QM_R}{3,441} \quad e \quad b = [V_T / (\sigma_e^2 + V_T)] \times 100$$

$$\sigma_d^2 = QM_D$$

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 Características Agronômicas

#### 4.1.1 Produção de raízes

A mandioca é cultivada quase que exclusivamente para a produção de raízes, sendo, portanto, uma característica de grande interesse de análise desse trabalho, já que mesmo focando uma avaliação nutricional, é essencial que os clones avaliados possuam pelo menos a mesma capacidade produtiva da variedade IAC 576-70, que domina o mercado no Estado de São Paulo e é utilizada como testemunha neste trabalho.

As médias de produção de raízes e características relacionadas, que inferem o potencial produtivo de cada clone encontram-se na tabela 5. A média geral de produtividade, 23,1 t ha<sup>-1</sup>, pode ser considerada satisfatória, principalmente quando comparada com a média paulista de produção de mandioca de mesa que é de aproximadamente 15 t ha<sup>-1</sup>, obtida com a IAC 576/70. Portanto, de maneira geral, o ensaio forneceu condições para que os clones pudessem mostrar seu potencial produtivo.

Os coeficientes de variação: 18,07%, 22,61%, 27,65%, 12,53%, 14,08% e 32,93% para os parâmetros número total de raízes (NTR), número de raízes comerciais (NRC), número de raízes descartes (NRD), peso médio das raízes (PeR), peso médio das raízes comerciais (PeRC) e peso médio das raízes descartes (PeRD), respectivamente, foram considerados altos quando comparados com trabalho desenvolvido por DEVIDE (2006), que utilizou irrigação suplementar, o que provocou grande uniformidade entre as plantas. Já os coeficientes de variação das características PTR e PRC (respectivamente, 16,12% e 20,47%) estão dentro do esperado (aproximadamente 20%), sendo que para PRD o coeficiente foi considerado alto (33,06%). Porém, de maneira geral, os valores do coeficiente de variação foram similares aos obtidos na literatura.

Com relação a produção houve efeito significativo a 1% de probabilidade, exceto para a produção de raízes descarte. Entre os clones avaliados, apenas dois (66/99 e 33/00) apresentaram produção de raízes total e comercial inferior a da testemunha, sendo que os demais mostraram produção similar a 1% de probabilidade. Não houve diferenças significativas para os números de raízes total, comercial e de descarte e, também para o peso de raízes descarte. Foram produzidas em média 7,7 raízes por planta das quais 4,60 raízes por planta foram comerciais com peso médio de 435,3 g, os quais foram satisfatórios para o espaçamento utilizado, embora valores maiores foram obtidos em plantas com menor nível de competição (AGUIAR, 2003). Esse bom desempenho produtivo dos clones deve-se evidentemente a eficiência da seleção praticada nos ciclos de seleção anteriores, pois clones com baixo desempenho produtivo já foram eliminados. Merecem destaque os clones 290/97, 16/00, 108/00 e 28/00 pelas características importantes com valor muito próximo a IAC 576-70.

Em relação às raízes descartadas, o menor percentual foi o da testemunha, confirmando uma das razões que a fazem uma variedade tão popular. LORENZI (2003) afirmou que a utilização da variedade IAC 576-70 diminuiu em 10% os descartes na



colheita. Embora para todos os clones, as percentagens de descarte tenham sido maiores que as da IAC 576-70, apenas em dois (66/99 e 33/00) deles observou-se produção comercial inferior a da testemunha.

Os pesos médios das raízes (PeR, PeRC e PeRD) são características importantes para demonstrar o aspecto das raízes de cada clone, pois raízes menores não possuem boa aceitação do mercado consumidor. Neste experimento verificou-se variação significativa, a 1% de probabilidade, tanto para PeR quanto para PeRC, sendo que a maior e melhor média para PeR foi a do clone 108/00 (420,9 g raiz<sup>-1</sup>), não diferindo estatisticamente da variedade IAC 576-70 (364,9 g raiz<sup>-1</sup>), e a menor média foi a do clone 265/97 (210 g raiz<sup>-1</sup>), que difere da testemunha. Comportamento semelhante foi observado para PeRC, sendo a maior e melhor média também foi a do clone 108/00 (523,0 g raiz<sup>-1</sup>), não diferindo da IAC 576-70 (482,4 g raiz<sup>-1</sup>) e, a menor média também foi do clone 265/97 (279,4 g raiz<sup>-1</sup>), sendo o único clone que difere da variedade testemunha.

De acordo com LORENZI (2003), um dos impactos principais, pela adoção da variedade IAC 576-70, foi o aumento em 30% da produtividade no Estado de São Paulo, e que, quando se compara a produtividade dessa variedade com as dos clones aqui avaliados, pode-se afirmar que possivelmente alguns destes terão boa aceitação por parte dos produtores. LORENZI et al. (1996), ARIAS et al. (2005) e DEVIDE (2006), trabalhando com a cultivar IAC 576-70, obtiveram valores superiores aos encontrados neste trabalho (29,9, 30,8 e 36,3 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), possivelmente devido à qualidade do solo, ou no caso específico do trabalho desenvolvido por DEVIDE (2006) à irrigação suplementar. No entanto, AGUIAR (2003) trabalhando com a mesma variedade obteve produtividades de aproximadamente 20,0 t ha<sup>-1</sup> em solo de menor fertilidade.

Os valores dos coeficientes de determinação genotípica (b) para PTR, PRC, PRD, NR, NRC, NRD, PeR, PeRC e PeRD estão descritos na tabela 5.

O coeficiente b varia de 0 a 1. Quanto mais próximo de 1 maior é a proporção da variância genotípica em relação a variância fenotípica (variância genotípica + variância ambiental), ou seja, os efeitos genéticos são mais importantes que os ambientais. Quanto mais próximo de zero os efeitos têm importância inversa, ou seja, a importância ambiental é maior do que a genética. Com relação a este coeficiente, verificou-se que a pequena variação entre os clones para o número de raízes (NR, NRC e NRD) é de ordem ambiental, pois os valores de “b” foram muito baixos, inclusive, o NRC teve

estimativa negativa que deve ser considerado zero, ou seja, a variação foi provocada exclusivamente pelo ambiente.

Quanto as valores de produção (PTR, PRC e PRD) os valores observados de “b” foram, respectivamente, 0,58, 0,48 e 0,18. O valor de “b” para PTR e PTC indicou que aproximadamente metade da variância fenotípica foi de ordem genética e a outra metade foi de ordem ambiental, valor que pode ser considerado bom para essas características, já que têm controle genético muito complexo e, normalmente, são sujeitas a grande influência ambiental.

Os valores de “b” para PeR, PeRC e PeRD foram, respectivamente, 0,68, 0,42 e 0,13. O valor de “b” encontrado para PeR evidencia que a variação dos pesos totais de raízes apresentados pelos clones é de ordem predominantemente genética, já PeRC e PeRD são características que foram mais influenciadas pelo ambiente, principalmente os descartes.

**Tabela 5** - Valores médios de produção total de raízes (PRT) produção de raízes comerciais (PRC) e produção de raízes descarte (PRD); do número de raízes (NRT), número de raízes comerciais (NRC) e número raízes descarte (NRD) por planta; Peso médio de raízes (PeR), peso médio de raízes comerciais (PeRC) e peso médio de raízes descartes (PeRD) da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio. Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Genótipo	PRT	PRC	PRD	NRT	NRC	NRD	PeR	PeRC	PeRD	
		(t ha <sup>-1</sup> )	(%)	número por planta			(g raiz <sup>-1</sup> )			
IAC 576-70	27,5 A	23,8 A	3,7 A	15,5 <sup>2</sup>	7,6 A <sup>1</sup>	5,1 A	2,6 A	364,9 ABC	482,4 A	151,2 A
265/97	17,9 AB	14,7 AB	3,3 A	22,2	8,5 A	5,3 A	3,3 A	210,7 E	279,4 B	99,7 A
290/97	27,5 A	23,0 AB	4,5 A	19,7	7,6 A	4,9 A	2,8 A	365,9 ABC	472,8 A	172,4 A
66/99	15,3 B	12,2 B	3,1 A	25,3	8,1 A	4,4 A	3,8 A	243,8 DE	361,7 AB	103,8 A
16/00	27,1 A	22,1 AB	4,9 A	22,5	8,5 A	5,3 A	3,3 A	322,2 ABCDE	428,6AB	152,8 A
27/00	22,6 AB	17,8 AB	4,9 A	27,3	8,4 A	4,5 A	3,9 A	286,8 BCDE	423,1 AB	127,7 A
113/00	21,2 AB	17,9 AB	3,3 A	18,6	6,2 A	3,9 A	2,3 A	375,8 AB	490,4 A	174,1 A
108/00	28,5 A	24,3 A	4,2 A	17,4	7,0 A	4,9 A	2,1 A	420,9 A	523,0 A	202,4 A
33/00	15,6 B	12,1 B	3,6 A	29,4	6,9 A	3,7 A	3,3 A	235,7 DE	351,1 AB	112,3 A
28/00	28,0 A	21,0 AB	7,1 A	33,7	9,4 A	4,9 A	4,5 A	325,4 ABCDE	449,5 AB	187,4 A
109/00	20,3 AB	16,4 AB	3,9 A	23,6	8,1 A	4,6 A	3,5 A	254,2 CDE	368,5 AB	112,1 A
56/99	22,4 AB	19,3 AB	3,2 A	16,5	7,0 A	4,6 A	2,4 A	347 ABCD	459,1 AB	142,9 A
105/00	25,9 AB	20,7 AB	5,3 A	25,5	7,8 A	4,4 A	3,4 A	335,1 ABCD	475,0 A	154,5 A
Média geral	23,1	19,0	4,2	22,9	7,7	4,6	2,5	319,7	435,3	146,7
Teste F para Clone	5,68 <sup>**</sup>	4,16 <sup>**</sup>	1,73 <sup>n.s.</sup>	1,21 <sup>n.s.</sup>	0,85 <sup>n.s.</sup>	2,11 <sup>n.s.</sup>	8,20 <sup>**</sup>	3,49 <sup>**</sup>	1,51 <sup>n.s.</sup>	
CV (%)	16,12	20,47	33,06	18,07	22,61	27,65	12,53	14,08	32,93	
Dms (Tukey 5%)	10,9	11,4	4,1	4,1	3,0	2,6	117,9	180,4	142,3	
b <sup>3</sup>	0,58	0,48	0,18	0,06	-0,04	0,24	0,68	0,42	0,13	

1 Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade; 2 Raízes descartadas em porcentagem; 3 Coeficiente de determinação genotípica (b); n.s.: não significativo; \*: significativo a 5% de probabilidade e \*\*: significativo a 1% de probabilidade.

#### 4.1.2 Altura total da planta e da primeira ramificação

Os valores para altura total das plantas (ATP), altura da primeira ramificação (APR) e a relação entre elas (B/A) são mostrados na tabela 6. Estas são características importantes no que diz respeito aos tratamentos culturais e à colheita, sendo, portanto as variedades preferidas pelos produtores, àquelas cuja arquitetura expressa-se em maior altura e maior relação da primeira ramificação e, conseqüentemente, permitem maior facilidade no plantio mecânico e nos tratamentos culturais. A altura da variedade IAC 576-70 foi usada como padrão de comparação, pois já existe uma grande aceitação da sua arquitetura por parte dos produtores.

Os coeficientes de variação foram de: 11,36%, 12,01% e 11,21% para ATP, APR e B/A, respectivamente, sendo considerados altos para ATP quando comparado com trabalhos desenvolvidos por VIDIGAL FILHO et al. (2000), que obteve um coeficiente de 5,29% e, de RIMOLDI et al. (2006) que obteve 6,85%. Com relação a APR, o valor pode ser considerado satisfatório quando comparado ao trabalho desenvolvido por VIDIGAL FILHO et al. (2000), que obteve um coeficiente de 12,2%.

Não houve efeito significativo para ATP sendo a média geral, igual a 215 cm, apesar de ser inferior a média da variedade testemunha (233 cm), pode ser considerada satisfatória. A média geral para APR, 96 cm, foi superior à média da IAC 576-70 (86 cm), demonstrando o progresso obtido na seleção desses clones. O clone 28/00 apresentou valor APR (127 cm) superior aos valores observados na IAC 576-70 e nos clones 265/97, 290/97, 16/00, 108/00 e 105/00. Destes apenas o 265/97 e o 105/00 apresentaram valores inferiores a 80 cm, o que pode ser um fator negativo para a sua adoção por parte dos produtores.

O clone que desenvolveu a maior ATP foi o 27/00 (235 cm) e a menor foi o 66/99 (176 cm), não diferindo estatisticamente entre si, nem da variedade IAC 576-70 (233 cm). VIDIGAL FILHO et al. (2000) e RIMOLDI et al. (2006) avaliando cultivares de mandioca de mesa obtiveram resultados para altura de planta, semelhantes aos obtidos neste trabalho, variando de 117 cm a 247 cm e 158 cm a 260 cm, respectivamente. Segundo os autores supracitados, a variação encontrada pode ser devido à influência tanto de fatores ambientais como de componente genotípicos. A pequena variação entre os clones aqui avaliados pode ser justificada por se tratar de clones de

( d p e r t e s f a z e r e t a n o

(a a a/0e. DeOo oado cmeaob

todos os clones possuem ATP e de APR aceitável por parte dos produtores. Portanto, esse conjunto de clones apresentou altura estatisticamente semelhante, mas arquitetura variável, ou seja, há considerável variação entre as alturas da primeira ramificação e sua proporção em relação a altura total, entretanto, nenhum clone tem medidas que impeçam a mecanização.

Os valores de “b” para ATP, APR e B/A foram, respectivamente de 0,26, 0,53 e 0,71 (Tabela 6). Os valores altos de “b” para de APR (0,53) e B/A (0,71) permitem afirmar que os valores apresentados pelos clones são de ordem predominantemente genética. Normalmente, a arquitetura das plantas tem boa estabilidade relativa manifestada, principalmente, na proporção da altura da primeira ramificação em relação a altura total.

**Tabela 6** - Valores médios para altura total da planta (ATP), da primeira ramificação (APR) e relação entre as duas características (B/A) da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Genótipo	ATP	APR	B/A
	(A)	(B)	(%)
	(cm)		(%)
IAC 576-70	233 A <sup>1</sup>	86 BC	37,5 BCD
265/97	220 A	75 C	34,1 D
290/97	196 A	86 BC	45,2 ABCD
66/99	176 A	103 ABC	59,1 A
16/00	221 A	82 BC	37,3 CD
27/00	235 A	106 ABC	45,4 ABCD
113/00	208 A	97 ABC	46,8 ABCD
108/00	243 A	83 BC	34,7 D
33/00	198 A	101 ABC	50,9 ABC
28/00	222 A	127 A	57,1 A
109/00	217 A	113 AB	52,3 AB
56/99	211 A	108 ABC	51,2 ABC
105/00	233 A	78 C	33,7 D
Média geral	215	96	45,3
Teste F para Clone	2,21 <sup>n.s.</sup>	4,83 <sup>**</sup>	9,57 <sup>**</sup>
CV (%)	11,36	12,01	11,21
Dms (Tukey 5%)	72	34	14,9
b <sup>2</sup>	0,26	0,53	0,71

1 Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2 Coeficiente de determinação genotípica (b)

n.s.: não significativo; \*: significativo a 5% de probabilidade e \*\*: significativo a 1% de probabilidade

#### 4.1.3 Peso da parte aérea e peso total da planta

A importância do peso da parte aérea (PePA) deve ser destacada pela necessidade de uso como material propagativo de futuros cultivos e pela possibilidade de utilização na alimentação animal, fazendo com que a planta de mandioca seja aproveitada integralmente.

Os valores médios de PePA e peso total da planta (PeTP) e a análise da variância resumida estão descritos na tabela 7. Os coeficientes de variação 22,99% e 18,11% para PePA e PeTP, respectivamente, foram considerados altos para as duas características quando

comparados ao trabalho desenvolvido por DEVIDE (2006), que obteve 9,80% e 9,31%, respectivamente, embora deve ser levado em consideração a irrigação suplementar utilizada por esses autores. Já quando comparados ao trabalho desenvolvido por VIDIGAL FILHO et al. (2000), que obteve 22,46% para PePA, o CV obtido no presente trabalho pode ser considerado satisfatório.

As médias gerais de PePA (21,0 t ha<sup>-1</sup>) e PeTP (44,2 t ha<sup>-1</sup>), apesar de serem inferiores à média da variedade IAC 576-70 (24,6 t ha<sup>-1</sup> e 52,2 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente), podem ser consideradas satisfatórias.

Houve efeito significativo a 1% de probabilidade para todos os clones, indicando que há clones com comportamento diferenciado que oferecem possibilidades de seleção ao se considerar o vigor da planta.

O clone que apresentou maior média de PePA foi o 108/00 (29,1 t ha<sup>-1</sup>), não diferindo da variedade testemunha (27,5 t ha<sup>-1</sup>) e, a menor média foi o 56/99 (12,8 t ha<sup>-1</sup>), que também não diferiu da IAC 576-70. OTSUBO & AGUIAR (2001) e RIMOLDI et al. (2006) obtiveram resultados bastante semelhantes a este trabalho, respectivamente 15,3 a 22,8 t ha<sup>-1</sup> e 12,86 a 30,87 t ha<sup>-1</sup>. Já VIDIGAL FILHO (2000) obteve resultados inferiores (5,7 a 25,2 t ha<sup>-1</sup>).

Com relação ao PeTP o clone que obteve maior média foi o 108/00 (57,6 t ha<sup>-1</sup>), superior mas não diferente estatisticamente da IAC 576-70 (52,2 t ha<sup>-1</sup>) e, o clone que obteve menor média foi o 33/00 (29,9 t ha<sup>-1</sup>), não diferindo estatisticamente da variedade testemunha. DEVIDE (2006) obteve resultados superiores para essa característica (71,8 t ha<sup>-1</sup>), possivelmente devido à utilização de irrigação suplementar.

Os valores de “b” para PePA e PeTP estão descritos na tabela 7. Verificou-se que são características de grande determinação genética e, que podem ser considerados critérios de seleção, mas no caso específico da PeTP, a qual é uma característica diretamente ligada a PTR, deve ser levada em consideração que alguns clones com baixo peso total da planta, pode apresentar alta produtividade de raízes.

#### **4.1.4 Índice de Colheita (IC)**

O índice de colheita (IC) mede a proporção em porcentagem de biomassa total que está alocada às raízes e serve para identificar genótipos cujas raízes apresentam alta capacidade de armazenamento de carboidratos produzidos pelas folhas (capacidade de dreno).

É uma indicação indireta da capacidade produtiva e segundo VALLE (2005), para mandioca de mesa, o IC deve estar próximo de 50%.

As médias de IC estão descritas na tabela 7, sendo que a média geral, 52,9%, foi considerada satisfatória, mesmo quando comparada à média da variedade testemunha (53,1%), levando-se em consideração os valores descritos por VALLE (2005). O efeito de clones foi altamente significativo a 1% de probabilidade. Os valores observados foram de 47,7 % (clone 109/00) a 56,6 % (clone 265/67) que são estatisticamente diferentes entre si, mas não diferentes da variedade IAC 576-70, portanto, os clones apresentam um comportamento aceitável para variedades de mesa.

O coeficiente de variação de 7,12% foi considerado satisfatório quando comparados ao obtido por DEVIDE (2006), 7,42% e por VIDIGAL FILHO et al. (2000), 6,21%.

Para IC o valor de “b” foi 0,57 indicando que a característica foi pouco influenciada pelo ambiente, tornando-se assim um bom critério de seleção. Entretanto, segundo VALLE (2005), todos os clones avaliados possuem IC considerados satisfatórios e estatisticamente semelhantes ao da variedade testemunha, demonstrando não haver necessidade de seleção para essa característica.



**Tabela 7** - Valores médios de peso da parte aérea (PePA), produção total de raízes (PTR), peso total de planta (PeTP) e índice de colheita (IC) da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Genótipo	PePA	PTR	PeTP	IC
		(t ha <sup>-1</sup> )		(%)
IAC 576-70	24,6 ABC <sup>1</sup>	27,5 A	52,2 ABC	53,1 ABC <sup>1</sup>
265/97	13,8 BC	17,9 AB	31,7 BC	56,6 ABC
290/97	21,7 ABC	27,5 A	49,3 ABC	56,1 ABC
66/99	15,4 ABC	15,3 B	30,7 C	49,7 BC
16/00	27,5 AB	27,1 A	54,6 AB	50,3 BC
27/00	24,4 ABC	22,6 AB	46,9 ABC	48,9 C
113/00	15,0 ABC	21,2 AB	36,3 ABC	58,6 ABC
108/00	29,1 A	28,5 A	57,6 A	49,7 BC
33/00	14,4 BC	15,6 B	29,9 C	51,9 BC
28/00	19,2 ABC	28,0 A	47,2 ABC	60,0 AB
109/00	21,9 ABC	20,3 AB	42,2 ABC	47,9 C
56/99	12,8 C	22,4 AB	35,3 ABC	63,6 A
105/00	26,5 ABC	25,9 AB	52,4 ABC	49,5 BC
Média geral	21,0	23,1	44,2	52,9
Teste F para Clone	4,74 **	5,68 **	5,14 **	5,52 **
CV (%)	22,99	16,12	18,11	7,12
Dms (Tukey 5%)	14,2	10,9	23,6	11,1
b <sup>2</sup>	0,52	0,58	0,55	0,57

1 Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2 Coeficiente de determinação genotípica (b)

\*\* : significativo a 1% de probabilidade.

## 4.2 Características Qualitativas e Nutricionais

### 4.2.1 Compostos cianogênicos (HCN)

A avaliação dos teores de compostos cianogênicos (HCN) é um aspecto primordial a ser considerado na seleção de genótipos destinado ao consumo 'in natura', já que esses compostos em altas concentrações são con

As médias dos teores de compostos cianogênicos (HCN) e o resumo da análise da variância são mostradas na tabela 8. O coeficiente de variação, 5,24%, foi considerado satisfatório quando comparado ao obtido por RIMOLDI et al. (2006) de 5,48%.

O efeito de clones foi altamente significativo a 1% de probabilidade. A média geral de 53,3 mg kg<sup>-1</sup> foi superior ao da variedade testemunha (30,9 mg kg<sup>-1</sup>), mas dentro do limite proposto por LORENZI et al. (1993). Observou-se que o clone 66/99 (160,1 mg kg<sup>-1</sup>) apresentou altos teores de HCN, sendo este valor superior ao aceito para variedades de mandioca de mesa. Portanto, este clone deve ser descartado. Todos os outros clones apresentaram teores dentro do limite de segurança de consumo. O valor médio apresentado pela variedade padrão IAC 576-70 foi 30,9 mg kg<sup>-1</sup>, inferior aos valores obtidos em outros trabalhos, como o de AGUIAR (2003), cujos resultados variaram de 68,5 a 117,3 mg kg<sup>-1</sup>, em função do tempo de colheita. Resultados obtidos para esta cultivar pelo Laboratório de Fitoquímica do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento de Recursos Genéticos Vegetais do IAC têm variado entre 30 a 120 mg kg<sup>-1</sup>. Portanto, é necessário que os clones sejam avaliados em outros locais, a fim de se estimar o potencial cianogênico com maior precisão, visto que estão sendo avaliados pela primeira vez.

Levando-se em consideração que os clones aqui avaliados são originados do cruzamento entre variedades com baixos teores de compostos cianogênicos, o aparecimento de um genótipo com alto teor dessas substâncias, pode ser explicado pelo fato do caráter ser de herança quantitativa, como foi observado por VALLE et al. (2004). Esses autores analisando o conteúdo cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas verificaram que a segregação transgressiva do caráter permite o aparecimento de variedades bravas em cruzamentos que envolvem mandiocas com baixo potencial cianogênico.

A análise da variância dentro de amostras foi (7,81 mg kg<sup>-1</sup>)<sup>2</sup>, bastante inferior ao efeito residual causado pelo ambiente entre amostras do mesmo clone (256,97 mg kg<sup>-1</sup>)<sup>2</sup>, evidenciando que apenas uma amostra é o suficiente para caracterizar a parcela experimental. Assim pode ser mais produtivo avaliarem-se mais repetições de clones no campo do que mais sub-amostras da mesma parcela experimental.

O valor de “b” para glicosídeos cianogênicos foi de 0,91 evidenciando que a característica foi determinada principalmente pelo efeito genotípico das plantas. Assim, o

descarte do clone 66/99, o único que ultrapassou o limite de segurança estabelecido em 100 mg de eq. HCN kg<sup>-1</sup> de polpa de raiz, poderia ser feito nessa etapa.

#### **4.2.2 Tempo de cocção**

A qualidade culinária de raízes é um parâmetro de grande importância na seleção de variedades de mandioca de mesa, pois é uma das características desejadas pelo consumidor final. O tempo de cocção é um caráter de extrema importância, visto que são consideradas de boa qualidade, as mandiocas de mesa que apresentarem o menor tempo. A falta de qualidade culinária das raízes é um dos fatores que restringe o seu consumo. Além disso, o tempo de cozimento está intimamente relacionado à qualidade de massa cozida, ou seja, baixos tempos de cozimento proporcionam melhores massas (LORENZI, 1994).

As médias de tempo de cocção (TC) e a análise da variância resumida para os clones avaliados encontram-se na tabela 8. A média geral, 43,8 min., foi considerada alta quando comparada com os tempos médios de 25,5 min. obtidos por BORGES et al. (2002), 29,0 min. obtido por LORENZI (1994) e 25,83 min. obtido por RIMOLDI et al. (2006). O coeficiente de variação de 9,75%, foi considerado satisfatório quando comparados aos obtidos por FIALHO et al. (2002) e por RIMOLDI et al. (2006), que encontraram valores iguais a 18,18% e 8,56%, respectivamente.

O efeito dos clones foi significativo a 1% de probabilidade para o tempo de cocção. O clone 28/00 cozinhou mais rápido (29,4 min.) não diferindo estatisticamente da variedade testemunha (35,8 min.), enquanto que o clone 108/00 apresentou o maior e pior tempo de cocção (52 min.). O tempo de cozimento de 35,8 minutos da IAC 576-70 foi superior aos observados quando a variedade apresenta as melhores qualidades, ou seja, por volta de 20 minutos, tempo este constatado em outros trabalhos realizados no IAC (VALLE, 2007 comunicação pessoal). O aumento no tempo de cocção deve-se possivelmente às qualidades nutricionais do solo que se mostraram inferiores ao desejado. LORENZI (1994) avaliando o tempo de cocção observou que este fator pode ser prolongado pelo tipo de solo (solos menos férteis produzem raízes com cozimento mais prolongado ou simplesmente não cozinham) e pela idade das plantas.

Levando-se em consideração os resultados obtidos neste trabalho, o fator que causou o aumento do tempo de cocção foi o solo, que se mostrou, como já mencionado, de qualidade inferior ao desejado. Porém, permitiu estabelecer um ambiente em que os genótipos

expressaram-se de forma diferenciada e assim, foi possível analisá-los comparativamente. Deste modo, o clone 28/00, o de mais rápido cozimento (29,4 min.), possivelmente é o de melhor característica culinária, porém os clones 16/00, 27/00, 108/00 e 109/00 têm características inferiores a IAC 576-70, ou seja, são mais difíceis de cozinhar e possivelmente em solos de pior qualidade possam ser inapropriados para o consumo 'in natura'.

A variância média entre amostras de 7 raízes, ou seja, a diferença de tempo de cozimento entre raízes do mesmo clone e da mesma parcela foi de (18,25 min.)<sup>2</sup> e a variância média entre parcelas foi de (16,93 min.)<sup>2</sup>, evidenciando que as raízes são heterogêneas, fato já descrito por LORENZI (1994). Assim, faz-se necessário trabalhar com várias raízes de uma mesma parcela para caracterizar o tempo cozimento.

Com relação ao coeficiente de determinação genotípica para TC o valor de "b" foi 0,70 indicando que o comportamento dos clones foi basicamente de ordem genética. Mas, neste momento, a eliminação de clones com altos tempos de cocção seria uma ação precipitada, pois segundo LORENZI (1994) essa característica é altamente influenciada por fatores ambientais, que nesse caso específico, foi o solo, uma vez que isso pode ser explicado pelo TC considerado alto da variedade testemunha, já que em experimento desenvolvido pelo mesmo autor, a variedade obteve TC menor, em solo considerado de melhor qualidade.

Para uma possível seleção seria necessária a avaliação desses clones em diferentes locais e anos e, assim, definir quais deles poderiam ser consumidos 'in natura'. Possivelmente, alguns clones como o 108/00, 27/00, 16/00 e 109/00 não terão TC adequados e, assim, poderão ser utilizados na produção de farinha ou como parentais em futuros cruzamentos, já que possuem boas características agrônômicas e, principalmente, o clone 108/00, altos teores de carotenóides pró-vitamínicos A.

**Tabela 8** - Valores médios do teor de glicosídeos cianogênicos e do tempo de cocção (TC) da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Genótipo	Glicosídeos cianogênicos	TC
	(eq.mg de HCN.kg <sup>-1</sup> )	(min.)
IAC 576-70	30,9 C	35,8 BCD <sup>1</sup>
265/97	27,8 C	34,7 CD
290/97	38,7 BC	41,6 ABCD
66/99	160,1 A	45,4 ABC
16/00	40,6 BC	51,4 A
27/00	42,4 BC	51,6 A
113/00	57,0 BC	47,9 AB
108/00	33,5 C	52,0 A
33/00	32,2 C	36,5 BCD
28/00	70,7 B	29,4 D
109/00	45,7 BC	51,3 A
56/99	55,2 BC	41,0 ABCD
105/00	46,4 BC	34,7 CD
Média geral	53,3	43,8
Teste F para Clones	2332,69**	74,15**
Teste F para Amostras	66,79**	7,49**
CV (%)	5,24	9,75
Dms (Tukey 5%)	33,6	13,0
b <sup>2</sup>	0,91	0,70

1 Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

2 Coeficiente de determinação genotípica (b); \*\* significativo a 1% de probabilidade

#### 4.2.3 Teor de matéria seca

Os valores do teor de matéria seca dos clones encontram-se na tabela 9. Os clones apresentaram diferentes teores de matéria seca, sendo a diferença significativa a 1% de probabilidade. O clone 290/97 foi o que apresentou a maior porcentagem de MS (44,3%) e o clone 16/00 a menor (37,9%).

A média geral, 40,9%, foi bem próxima à média obtida por Carvalho et al. (2005a), de 39,80% quando se realizou a primeira avaliação desses clones. Esses valores de matéria seca são considerados bastante satisfatórios, já que todos os clones apresentaram altos teores de matéria seca, o que representa um ganho no valor energético.

O valor de “b” para matéria seca permite afirmar que essa característica foi pouco influenciada pelo ambiente e, como todos os clones apresentaram um bom comportamento em relação ao teor de matéria seca, não seria necessário descartar qualquer um dos clones avaliados.

#### **4.2.4 Carotenóides totais, $\beta$ -caroteno e vitamina A**

As médias dos carotenóides totais,  $\beta$ -caroteno e vitamina A encontram-se na tabela 9. O efeito de clones foi altamente significativo a 1% de probabilidade. Os clones 108/00, 27/00, 265/97, 56/99, 16/00 e 33/00 apresentaram valores elevados de teor de carotenóides totais, acima de  $750 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$  e diferiram da IAC 576-70 e dos demais clones, merecendo mais atenção nos próximos passos da seleção. A média geral de carotenóides totais foi de  $641,9 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , sendo que o clone 108/00 foi o que apresentou maior teor, cerca de  $1108,1 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , muito superior à média da variedade testemunha, para a qual obteve-se o conteúdo de  $360,0 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ . Por outro lado o clone 28/00 apresentou a menor média ( $329,5 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ) mas, não diferiu estatisticamente da variedade IAC 576-70.

O coeficiente de variação de 8,78%, foi considerado bastante satisfatório já que quando se trabalha com  $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , o coeficiente de variação aceitável é de até 35% (HORWITZ, 1982).

Ao comparar os valores de carotenóides totais obtidos com os descritos por CHÁVEZ et al. (2005), quando estes avaliaram mais de 2 mil acessos do banco de germoplasma do Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) da Colômbia, pode se observar que os teores de carotenóides totais dos genótipos aqui avaliados estão dentro do intervalo obtido pelos autores do trabalho ( $102$  a  $1040 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ), sendo que o clone 108/00 apresentou valor superior ao limite deste intervalo. Deve-se levar em consideração que os clones aqui avaliados, não são acessos de banco de germoplasma, e sim, genótipos-elite, previamente selecionados para características agrônômicas desejáveis e portanto, com grande potencial para tornarem-se uma variedade.

Com relação aos dados de  $\beta$ -caroteno, verificou-se uma média geral de  $477,9 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , sendo o clone 108/00 o que apresentou o maior teor do pigmento, cerca de  $940,1 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ , e o clone 28/00 o menor valor ( $130,2 \mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ). Não foi feita análise de variância para  $\beta$ -caroteno, pois para a determinação dos pigmentos as amostras coletadas em cada parcela experimental foram misturadas, compondo assim apenas uma amostragem por clone avaliado. Isso se justifica por se tratar de análises com elevado custo, além de já terem sido feitas análises desses clones, com repetições, em outro experimento (CARVALHO, 2005a).

Um aspecto que deve ser levado em

**Tabela 9** - Teores de matéria seca (MS), carotenóides totais,  $\beta$ -caroteno, porcentagem de  $\beta$ -caroteno e vitamina A, em raízes recém colhidas da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Genótipo	MS	Carotenóides totais	$\beta$ -caroteno	$\beta$ -caroteno	Vit. A
	(%)	( $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	( $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ )	(%)	(UI $100\text{g}^{-1}$ )
IAC 576-70	43,58 AB <sup>1</sup>	360,0 C	286,8	79,7	160
265/97	38,58 BCD	953,5 AB	717,9	76,7	400
290/97	44,25 A	380,5 C	266,0	69,9	147
66/99	40,56 ABCD	428,7 C	412,6	96,2	230
16/00	37,87 D	849,1 B	798,7	94,1	443
27/00	41,83 ABCD	973,8 AB	814,7	93,7	453
113/00	42,40 ABCD	411,0 C	290,9	70,8	160
108/00	38,72 CD	1108,1 A	940,1	84,8	523
33/00	39,72 ABCD	759,7 B	425,2	56,0	235
28/00	40,72 ABCD	329,5 C	130,2	39,5	73
109/00	37,92 D	420,9 C	412,2	97,9	230
56/99	43,34 ABC	891,3 AB	413,9	46,4	230
105/00	42,17 ABCD	349,2 C	303,1	86,8	170
Média geral	40,98	641,9	477,9	74,4	265
Teste F para Clone	36,34**	187,12**	-	-	-
Teste F para amostras	5,47**	4,20**	-	-	-
CV (%)	2,40	8,78	-	-	-
Dms (Tukey 5%)	4,78	225,88	-	-	-
b <sup>2</sup> (%)	58,1	91,0	-	-	-

1 Médias seguidas da mesma letra na coluna não diferem entre si, pelo teste de Tukey, a 5 % de probabilidade.

2 Coeficiente de determinação genotípica (b)

\*\* significativo a 1% de probabilidade

#### 4.2.5 Componentes minerais

Na tabela 10 estão descritos os resultados, em base seca, da avaliação dos minerais encontrados em raízes frescas (não cozidas) e cozidas, evidenciando a perda de nutrientes durante o processo de cozimento, com exceção dos minerais sódio (Na), bário (Ba) e cobre



(Cu), que apresentaram um aumento em grande parte dos clones analisados, o que pode ser explicado por uma possível contaminação durante o processamento ou mesmo pela diferenciação de amostragem das raízes. Durante o cozimento, a média total de perda dos elementos foi de 15%, sendo o ferro (Fe) o que sofreu a maior perda (42%) e o cálcio (Ca), a menor (5%). Entre os clones, o que perdeu mais minerais durante o cozimento foi o 16/00 (22%) e o que perdeu menos foi o 56/99 (14%).

Verificou-se uma variação significativa entre os clones quanto aos teores de todos minerais, tanto nas amostras não cozidas quanto nas cozidas. Variação também observada em trabalho desenvolvido por CHÁVEZ et al. (2005), onde foram avaliados 600 acessos de banco de germoplasma somente na forma fresca.

Os minerais Fe e o Zn são os de maior importância nutricional, sendo considerados elementos essenciais (OMS, 2006). A carência do primeiro é a causa da anemia ferropriva e a do segundo está ligada a resposta imune, além de ambos terem propriedades antioxidantes.

Os resultados médios obtidos neste trabalho de pesquisa foram de aproximadamente 14 e 12 mg kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para Fe e Zn. Os clones 265/97, 16/00 e 109/00 contêm mais Zn que a testemunha, cerca de 33 a 44% a mais quando crus. Os clones 27/00 e 33/00 foram superiores a testemunha quanto ao teor de Fe, respectivamente, apresentando 37 e 53% quando crus. Apesar de representarem uma vantagem considerável, estão muito aquém do potencial da espécie em conter estes minerais. CHÁVEZ et al. (2005) identificaram variedades com 230 mg kg<sup>-1</sup> de Fe e 37,52 mg kg<sup>-1</sup> de Zn analisando 600 genótipos do banco de germoplasma do CIAT, na Colômbia.

A perda dos minerais Fe e Zn durante o cozimento da variedade testemunha foi de apenas 4% para Zn e 46% para Fe. Entre os clones aquele que apresentou menor perda de Fe foi o clone 56/99, cerca de 31%, bem inferior à perda da variedade IAC 576-70. Já para o Zn, o clone 113/00 não sofreu nenhuma perda.

De acordo com a (OMS), as recomendações de ingestão diária de um indivíduo adulto de Fe e Zn são, respectivamente, 10-20 e 10-15 mg. O consumo de 300 g de raiz cozidas por dia do clone 27/00, com teor de Fe de 10,9 mg kg<sup>-1</sup>, representa cerca de 30% das necessidade de um indivíduo adulto. Já com relação ao zinco, o consumo de 300 g de raiz cozida do clone 109/00, supre em 46%.

**Tabela 10** - Valores médios da concentração, em base seca, de minerais em raízes cozidas e não cozidas da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Genótipo		K	P	Mg	Ca	Na	Zn	Fe	Mn	Ba	Cu
		(mg kg <sup>-1</sup> )									
IAC 576-70	Não cozida	9170,5 EF <sup>1</sup>	510,0 CDE	701,3 DE	457,6 EFG	62,0 ABC	12,6 BC	12,6 BC	1,4 E	1,5 E	2,5 AB
	Cozida	7553,9 fg <sup>2</sup>	433,8 e	601,4 e	402,2 e	56,9 abc	12,2 cde	6,9 de	1,4 bcd	1,8 defg	2,31 c
265/97	Não cozida	9744,2 DE	584,9 AB	764,3 D	482,9 EF	75,8 A	16,7 A	15,1 ABC	1,6 DE	1,2 E	2,3 AB
	Cozida	8007,0 def	535,2 a	772,5 c	528,7 d	65,6 ab	14,6 bc	8,3 bcd	2,2 a	2,1 cde	2,34 bc
290/97	Não cozida	9930,1 CDE	520,5 CD	696,0 DE	428,1 FG	56,4 BCD	12,4 BC	15,6 ABC	1,4 E	1,5 E	2,3 AB
	Cozida	7044,2 g	461,2 cde	648,4 d	418,6 e	70,9 a	12,8 cd	6,9 de	1,4 bcd	1,7 fg	2,02 c
66/99	Não cozida	9390,1 DEF	493,4 DE	909,6 C	526,9 E	44,9 CDEFG	9,2 E	14,5 ABC	1,8 BC	2,4 C	3,2 AB
	Cozida	7687,7 ef	446,9 de	781,9 c	491,2 d	53,2 abc	8,6 fg	7,6 cde	1,7 b	2,4 bc	3,5 ab
16/00	Não cozida	11911,7 A	608,5 A	1417,3 A	1028,3 A	49,0 CDEF	16,8 A	16,4 ABC	1,7 CD	3,2 A	3,3 A
	Cozida	8883,7 ab	499,5 abc	1171,6 a	888,8 a	55,2 abc	16,9 ab	10,5 a	1,3 cd	3,0 a	3,0 bc
27/00	Não cozida	9827,4 CDE	515,3 CDE	985,8 C	775,8 C	52,7 BCDE	12,2 BC	17,3 AB	1,9 ABC	1,9 D	2,5 AB
	Cozida	7455,1 fg	477,3 bcd	794,2 c	679,9 c	63,2 ab	10,9 def	10,9 a	1,4 bcd	1,9 def	2,8 bc
113/00	Não cozida	8600,4 F	501,4 DE	655,8 E	533,6 E	67,6 AB	10,0 DE	15,2 ABC	2,0 A	1,5 E	2,4 AB
	Cozida	7951,1 def	507,3 ab	540,9 f	535,3 d	63,1 ab	10,0 def	9,2 abc	1,6 bc	1,8 defg	2,2 c
108/00	Não cozida	9488,3 DEF	563,1 ABC	1130,5 B	884,0 B	49,6 CDEF	11,6 C	12,4 BC	1,7 CD	2,7 B	2,1 B
	Cozida	8133,1 cde	487,0 bc	971,6 b	803,3 b	69,4 ab	9,4 ef	8,0 cde	1,3 cd	2,8 ab	2,8 bc
33/00	Não cozida	10831,6 BC	531,6 BCD	650,6 E	639,1 D	35,0 EFG	13,7 B	19,2 A	1,5 DE	1,4 E	2,8 AB
	Cozida	8994,4 a	444,0 de	612,4 de	668,4 c	59,0 abc	12,5 cd	8,1 cd	1,3 cd	1,6 fg	2,6 bc
28/00	Não cozida	11120,5 AB	458,7 E	683,3 E	431,6 FG	32,6 FG	7,0 F	12,3 BC	1,2 F	1,4 E	2,6 AB
	Cozida	8385,7 bcd	387,9 f	601,4 e	431,2 e	38,3 c	6,2 g	6,2 e	1,0 e	1,4 g	2,2 c
109/00	Não cozida	11134,3 AB	485,0 DE	1093,6 B	906,9 B	27,3 G	18,2 A	11,3 BC	1,9 AB	2,6 BC	2,7 AB
	Cozida	8655,1 abc	487,5 bc	937,2 b	812,6 b	63,9 ab	17,6 a	7,8 cde	1,6 bc	2,2 cd	4,3 a
56/99	Não cozida	9218,1 EF	459,0 E	704,3 DE	397,8 G	41,2 DEFG	9,2 E	14,2 ABC	1,8 BC	1,5 E	2,2 AB
	Cozida	7635,2 ef	388,3 f	641,4 de	408,9 e	68,1 ab	9,0 fg	9,9 ab	1,5 bcd	1,6 fg	3,1 bc
105/00	Não cozida	10341,3 BCD	517,0 CD	649,5 E	384,9 G	35,8 EFG	11,4 CD	10,5 C	1,4 E	1,5 E	2,6 AB
	Cozida	8583,3 abc	441,6 de	515,9 f	382,6 e	45,3 bc	9,3 ef	7,3 de	1,2 de	1,7 efg	2,4bc

1 Médias seguidas pela mesma letra maiúscula na coluna não diferem entre, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

2 Médias seguidas pela mesma letra minúscula na coluna não diferem entre, pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

Continua...

**Tabela 10** - Valores médios da concentração de minerais em raízes cozidas e não cozidas da variedade IAC 576-70 e de doze clones de mandioca de mesa, colhidos aos 254 dias após o plantio (DAP). Engenheiro Coelho-SP, 2006.

		K	P	Mg	Ca	Na	Zn	Fe	Mn	Ba	Cu
		(mg kg <sup>1</sup> )									
Média geral	Não cozida	10038,2	519,1	849,4	606,0	48,5	12,4	14,4	1,6	1,9	2,6
Média geral	Cozida	8074,57	461,34	737,74	573,21	59,4	11,52	8,28	1,46	2,00	2,74
Teste F	Não cozida	21,92**	16,27**	251,53**	185,82**	17,16**	118,79**	4,29**	33,15**	91,09**	2,65*
Teste F	Cozida	30,01**	32,42**	494,02**	238,07**	3,97**	28,62**	17,13**	23,58**	28,19**	7,47**
CV (%)	Não cozida	3,45	3,69	3,10	4,60	12,42	4,25	14,61	4,30	6,09	14,67
CV (%)	Cozida	2,38	2,89	2,04	3,47	14,02	9,41	7,24	6,52	8,18	14,54
dms (Tukey 5%)	Não cozida	1029,1	56,9	78,4	82,9	17,8	1,6	6,2	0,2	0,3	1,1
dms (Tukey 5%)	Cozida	560,2	39,5	44,6	58,9	24,7	2,9	1,8	0,3	0,5	1,2

\* significativo a 5% de probabilidade; \*\* significativo a 1% de probabilidade.

### **4.3 Considerações Finais**

Com relação aos resultados apresentados anteriormente (Tabelas 5, 6, 7, 8, 9 e 10) optou-se por condensar as principais características dos clones avaliados e da IAC 576-70 na tabela 11.

Assim pode verificar que, o clone 265/97

O clone 113/00 apresentou ótimas características agronômicas, mas, um alto tempo de cozimento. Além disso, apresentou teores de carotenóides totais,  $\beta$ -caroteno, vitamina A, ferro e zinco comparáveis ao da testemunha, mas, não se destacou nos quesitos de extrema importância desse trabalho, que é a seleção de genótipos com valor nutritivo superior.

O clone 108/00 foi o que mais se destacou tanto para características agronômicas quanto para teor de carotenóides totais,  $\beta$ -caroteno e vitamina A, mas, possui um tempo de cozimento bastante elevado. Mesmo sendo uma característica que sofre bastante influência ambiental, possivelmente esse clone não atingirá tempos de cozimento pelo menos comparável ao da variedade testemunha. Porém, pelo alto potencial produtivo e nutricional, esse clone deve ser utilizado como parental em novos cruzamentos ou ser avaliado para a produção de farinha.

O clone 33/00 apresentou baixa produtividade, mas, bom índice de colheita, boa altura da primeira ramificação, baixo potencial de compostos cianogênicos, bom teor de matéria seca e bom tempo de cozimento. Além disso, possui altos teores de carotenóides totais, mas baixo teor de  $\beta$ -caroteno, portanto baixa concentração de vitamina A. Deve ser novamente avaliado por apresentar bom tempo de cozimento e teores de carotenóides totais e, assim, verificar quais outros carotenóides estão presentes nesse clone, reavaliando-se a sua atividade vitamínica.

O clone 28/00 merece destaque, pois foi o que apresentou o menor tempo de cozimento, inferior até mesmo ao da variedade IAC 576-70. Por não apresentar valor nutritivo elevado, poderá ser utilizado como parental, pois além de ótimo tempo de cozimento, possui ótimas características agronômicas.

O clone 109/00 apresenta índices de produtividade satisfatórios mas, alto tempo de cozimento e baixo valor nutritivo com relação aos carotenóides mas, em compensação foi o que mais se destacou em relação ao teor de zinco.

O clone 56/99 apresentou boa produtividade, relativamente baixo tempo de cozimento e altos teores de carotenóides totais. Entretanto, somente cerca de 46% desse carotenóides são  $\beta$ -caroteno, portanto, deverá ser novamente avaliado para se verificar a atividade vitamínica dos outros carotenóides presentes em suas raízes.

O maior destaque do clone 105/00 relaciona-se ao tempo de cozimento, igual estatisticamente ao da variedade testemunha. Com relação ao aspecto nutricional, não se destacou apresentando índices bem próximos ao da IAC 576-70.

**Tabela 11** – Caracterização dos clones com relação a produção total de raízes (PTR), produção de raízes comerciais (PRC), peso total da planta (PeTP), peso das raízes comerciais (PeRC), índice de colheita (IC), altura da primeira ramificação (APR), tempo de cozimento (TC), matéria seca (MS), carotenóides totais,  $\beta$ -caroteno e vitamina A; Ferro (Fe) e zinco (Zn) em mandiocas já cozidas. Engenheiro Coelho-SP, 2006.

Clone	PTR	PRC	PeTP	PeRC	IC	APR	TC	Glicosídeos cianogênicos	MS	Carotenóides totais	$\beta$ -caroteno	Vitamina A	Fe	Zn
	(t ha <sup>-1</sup> )	(t ha <sup>-1</sup> )	(t ha <sup>-1</sup> )	(g raiz <sup>-1</sup> )	(%)	(cm)	(min.)	(mg kg <sup>-1</sup> )	(%)	( $\mu$ g 100g <sup>-1</sup> )	( $\mu$ g 100g <sup>-1</sup> )	(UI 100 <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )	(mg kg <sup>-1</sup> )
IAC 576-70	27,52	23,83	52,15	482,4	53,05	86	35,8	30,9	43,58	360,0	286,8	160	6,9	12,2
265/97	17,90	14,65	31,65	279,4 <sup>2</sup>	56,60	75	34,7	27,8	38,58	953,5 <sup>1</sup>	717,9	400	8,3	14,6
290/97	27,53	23,00	49,25	472,8	56,05	86	41,6	38,7	44,25	380,5	266,0	147	6,9	12,8
66/99	15,32	12,22	30,72	361,7	49,70	103	45,4	160,1	40,56	428,7	412,6	230	7,6	8,6
16/00	27,10	22,10	54,55	428,6	50,25	82	51,4	40,6	37,87	848,1	798,7	443	10,5	16,9
27/00	22,62	17,77	46,98	423,1	48,85	106	51,6	42,4	41,83	973,8	814,7	453	10,9	10,9
113/00	21,22	17,90	36,25	490,4	58,58	97	47,9	57,0	42,40	411,0	290,9	160	9,2	10,0
108/00	28,47	24,27	57,63	523,0	49,70	83	52,0	33,5	38,72	1108,1	940,1	523	8,0	9,4
33/00	15,59	12,07	29,98	351,1	51,98	101	36,5	32,2	39,72	759,7	425,2	236	8,1	12,5
28/00	28,00	20,95	47,23	449,5	60,00	127	29,4	70,7	40,72	329,5	130,2	73	6,2	6,2
109/00	20,29	16,42	42,19	368,5	47,95	113	51,3	45,7	37,92	420,9	412,2	230	7,8	17,6
56/99	22,42	19,25	35,27	459,1	63,60	108	41,0	55,2	43,34	891,3	413,9	230	9,9	9,0
105/00	25,90	20,65	52,37	475,0	49,48	78	34,7	46,4	42,17	349,2	303,1	170	7,3	9,3

1 Valores em azul foram os de melhor destaque em cada característica

2 Valores em vermelho foram os de pior destaque em cada característica

## 5 CONCLUSÕES

- a) Neste estudo, após comparações agronômicas e nutricionais dos clones avaliados, pode-se concluir que há clones com teores de carotenóides e vitamina A três vezes superiores ao da variedade comercial;
- b) Nos carotenóides existentes nas raízes da maioria dos clones avaliados predominou o  $\beta$ -caroteno;
- c) Todos os clones avaliados, exceto o 66/99, tem baixo teor de glicosídeos cianogênicos, permitindo os seus usos como variedades de mesa;
- d) O clone 16/00 contém teor de Fe e Zn superior ao da variedade comercial;
- e) Há clones com boa qualidade nutricional, que apresentaram alta produtividade, similar a variedade comercial;
- f) Entre os clones com alto teor de carotenóides e vitamina A apenas o 265/97 apresentou bom tempo de cozimento.

## 6 REFERÊNCIAS

AGUIAR, E.B. **Produção e qualidade de mandioca de mesa (*Manihot esculenta* Crantz) em diferentes densidade populacionais e épocas de colheita.** 2003. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical) – Instituto Agronômico de Campinas, Campinas-SP, 2003.

AMBRÓSIO, C.L.B.; CAMPOS, F.A.C.S.; FARO, Z.P. Carotenóides como alternativa contra a hipovitaminose A. **Revista de Nutrição**, Campinas, v. 19, n. 2, p. 233-243, 2006.

AOAC. **Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists.** 18ª ed. Gaithersburg, Maryland: AOAC, cap. 50, met. 985.35 e 984.27, p. 15-18, 2005.

ARIAS, E.R.A.; ARIAS, S.M.S.; MARTINS, C.S.; PEREIRA, F.A.R.; OTSUBO, A.A. Avaliação da produtividade, tempo de cozimento e padrão de massa cozida de oito cultivares de mandioca tipo mesa, em Campo Grande, MS. In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Mandioca, Campo Grande, 2005.

BEYER, P.; AL-BABILI, S.; YE, X.; LUCCA, P.; SCHAUB, P.; WELSCH, R.; POTRYKUS, I. Golden Rice: Introducing the  $\beta$ -carotene biosynthesis pathway into rice endosperm by genetic engineering to defeat vitamin A deficiency. **J. Nutr.**, v. 132. p. 506-510, 2002.

BOKANGA, M. Distribution of cyanogenic potencial in cassava germplasm. **Acta Horticulturae**. n. 375, p. 117-123, 1994.

BOLHUIS, G.G. The toxicity of cassava roots. **Netherlands Journal of Agricultural Science**, Wageningen, v. 2, n. 3, p. 176-185, 1954.

BORGES, M.F.; FUKUDA, W.M.G.; ROSSETTI, A.G. Avaliação de variedade de mandioca para consumo humano. **Pesq. Agropec. Bras.**, Brasília, v. 37, n. 11, p. 1559-1565, 2002.

BRUIJN, G. H. **Étude du caractère cyanogénétique du manioc (*Manihot esculenta* Crantz).** Veenan and Zonen, Wageningen, 1971. 140 p.

CARVALHO, C.R.L. **Determinação de isômeros geométricos de alguns carotenóides provitamínicos A por cromatografia líquida de alta eficiência.** 1996. Dissertação (Mestrado em Química) – Instituto de Química da Universidade Estadual de Campinas, Campinas-SP. 1996.

CARVALHO C.R.L.; MANTOVANI, D.M.B.; CARVALHO, P.R.N.; MORAES, R.M. **Análises Químicas de Alimentos.** Manual Técnico ITAL,, Campinas, 121p, 1990.



CARVALHO, P.R.N.; SILVA, M.G.; CARVALHO, C.R.L.; VALLE, T.L; CASTRO; J.V.; FELTRAN, J.C. Cor e carotenóides provitamínicos em raízes de diferentes clones de mandioca (*Manihot esculenta* crantz). In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Mandioca, Campo Grande, 2005.

CARVALHO, P.R.N.; VALLE, T.L; CARVALHO, C.R.L.; SILVA, M.G.; PARRA, E.B.; FELTRAN, J.C; GALERA, J.M.S. Degradação de  $\beta$ -caroteno durante a produção artesanal de farinha de mandioca (*Manihot esculenta* crantz). In: Anais do XI Congresso Brasileiro de Mandioca, Campo Grande, 2005.

CEBALLOS, H. Mandioca Biofortificada. **Projeto Mandioca HarvestPlus**. Cali, Colombia.

CHÁVEZ, A.L.; SÁNCHEZ, T.; JARAMILLO, G.; BEDOYA, J.M.; ECHEVERRY, J.; BOLANOS, E.A.; CEBALLOS, H.; IGLESIAS, C.A. Variation of quality traits in cassava roots evaluated in landraces and improved clones. **Euphytica**. v. 143, p. 125-133, 2005.

COCK, J. H.; FRANKLIN, D.; SANDOVAL, G.; JURI, P. The ideal cassava planting for maximum yield. **Crop Science**, Madison, v. 19, p.271-279, 1979.

COCK, J.H. Potencial agronomico para la producción de yuca. In: **Curso de producción de yuca**. Cali, Colombia, CIAT, p. 31-39, 1978.

COURSEY, D. G. Cassava as food: toxicity and technology. In: Chronic Cassava Toxicity, 1973, London. **Proceedings...** Ottawa: International Development Research Centre, p. 27-36, 1973.

DANTAS, J.L.L. **Genótipos de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) para programas de seleção no Recôncavo Baiano**. 1984, Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Área de Concentração em Genética e Melhoramento de Plantas da Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba-SP, 1984.

DEVIDE, A.C.P. **Sistema orgânico de produção de mandioca consorciada com milho e caupi**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ciências) – Curso de Pós-graduação em Fitotecnia-Agroecologia da Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Seropédica-RJ, 2006.

ESSERS, A. J. A., BOSVELD, M., VAN DER GRIFT, R. M., VORAGEN, A. G. J. Studies on the quantification of specific cyanogens in cassava products and introduction of a new chromogen. **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 63, n. 3, p. 287-296, 1993.

FAO. ORGANIZACIÓN DE LAS NACIONES UNIDAS PARA LA AGRICULTURA Y LA ALIMENTACIÓN. Disponível em <<http://faostat.fao.org/faostat>>. (05 maio 2005)

FIALHO, J.F.; FUKUDA, W.M.G.; PEREIRA, A.V.; JUNQUEIRA, N.T.V.; GOMES, A.C. Avaliação de variedades de mandioca de mesa nas condições de cerrado do Distrito Federal. **Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento** 73, Planaltina-DF, 20p. 2002.

FIGUEIREDO, I.B.; VITTI, P.; PEREIRA, A.S. Comportamento de substâncias nitrogenadas e caroteno em duas variedades de mandioca. **Boletim Técnico ITAL**, Campinas, v. 51, p. 145-164, 1977.

FUKUDA, W.M.G.; BORGES, M.F. Avaliação qualitativa de cultivares de mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 7, n. 1, p. 63-71, 1988.

HORWITZ, W. Evaluation of analytical methods used for regulation of foods and drugs. **Analytical Chemistry**. vol. 54, n. 1, p. 66-76, 1982.

IGLESIAS, C.; MAYEN, J.; CHÁVEZ, L.; CALLE, F. Genetic potential and stability of carotene content in cassava roots. **Euphytica**. v. 94, p. 367-373, 1997.

**IBGE**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Disponível em <<http://www.sidra.ibge.gov.br/bda/tabela/listabl.asp?c=1612>>. (06 maio 2005)

JONES, D. A. Why are so many food plants cyanogenic?. **Phytochemistry**, London, v. 47, n. 2, p. 155-162, 1998.

KAKES, P. The function of cyanogenesis in cassava. **Acta Horticulturae**. p. 79-85, 1994.

KAWANO, K.; THUNG, M.D. Intergenotypic competition with associated crops in cassava. **Crop Science**, Madison, v. 23, n. 3, p. 59-63, 1982.

LOBO, A.S.; TRAMONTE, V.L.C. Efeitos da suplementação e da fortificação de alimentos sobre a biodisponibilidade de minerais. **Rev. Nutr.**, Campinas, v. 17, n. 1, p. 107-113, 2004.

LORENZI, J.O. Variação na qualidade culinária das raízes de mandioca. **Bragantia**, Campinas, v. 53, n. 2, p. 237-245, 1994.

LORENZI, J.O. **Mandioca**. Boletim Técnico CATI – Campinas, n. 245, 116 p., 2003.

LORENZI, J. O.; DIAS, C. A. C. **Cultura da mandioca**. Boletim Técnico CATI – Campinas, n. 211, 41 p., 1993.

LORENZI, J.O.; RAMOS, M.T.B.; MONTEIRO, D.A.; VALLE, T.L.; JÚNIOR, G.G. Teor de ácido cianídrico em variedades de mandioca cultivadas em quintais do Estado de São Paulo. **Bragantia**, Campinas, v. 52, n. 1, p. 1-5, 1993.

LORENZI, J.O.; VALLE, T.L.; MONTEIRO, D.A.; PERESIN, V.A.; KANTHACK, R.A.D. **Variedades de mandioca para o Estado de São Paulo**. Boletim Técnico CATI - Campinas, n. 162, 23 p., 1996.

McCLAFFERTY B.; RUSSELL, N. **Plant breeding to combat micronutrient deficiency**. International Food Policy Research Institute, Washington, 2002.

MCMAHON, J. M.; WHITE, W. L. B.; SAYRE, R. T. Cyanogenesis in cassava (*Manihot esculenta* Crantz). **Journal of Experimental Botany**, Oxford, v. 46, n. 288, p. 731-741, 1995.

NORMANHA, E.S. O trabalho de melhoramento da mandioca no Instituto Agrônomo do Estado de São Paulo. **O Agrônomo**, Campinas, v. 23, p. 91-100, 1971.

NORMANHA, E.S. O mau cozimento dos aipins: uma hipótese. **O Agrônomo**, Campinas, v. 40, n. 1, p. 13-14, 1988.

O'BRIAN, G. M., TAYLOR, A. J., POULTER, N. H. Improved enzymic assay for cyanogens in fresh end processed cassava. **Journal Science Food Agriculture**, London, v. 56, n. 3, p. 277-289. 1991.

**OMS. ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE.** Disponível em <http://www.who.int/nut/vad.htm>. (14 de janeiro de 2006)

ORTEGA-FLORES, C.I. **Carotenóides com atividade pró-vitáminica A e teores de cianeto em diferentes cultivadores de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do Estado de São Paulo**. 1991. Dissertação (Mestrado em Ciências dos Alimentos) – Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1991.

OTSUBO, A.A.; AGUIAR, E.B. Avaliação da produtividade, tempo de cozimento e padrão de massa cozida de cinco cultivares de mandioca de mesa, em Dourados-MS. **Ensaio e Ciência**, Campo Grande, v. 5, n. 2, p. 11-26, 2001.

PENTEADO, M. de V.C. **Ocorrência de isômeros de  $\beta$ -caroteno em raízes de cinco cultivares de mandioca (*Manihot esculenta* Crantz) do Estado de São Paulo**. 1987. Tese (Concurso de Livre-Docência) – Departamento de Alimentos e Nutrição Experimental da Faculdade de Ciências Farmacêuticas da Universidade de São Paulo, São Paulo. 1987.

PEREIRA, A.S.; LORENZI, J.O.; VALLE, T.L. Avaliação do tempo de cozimento e padrão de massa cozida em mandioca de mesa. **Revista Brasileira de Mandioca**, Cruz das Almas, v. 4, n. 1, p. 27-32, 1985.

RAMALHO, A.; SAUNDERS, C.; ACCIOLY, E. **Novos grupos de risco para a deficiência de vitamina A.** Disponível em: [http://www.comunique-se.com.br/produtos/saladeimprensa/premiowyeth/artigo\\_novos\\_grupos\\_de\\_riscos\\_para\\_deficiencia\\_de\\_vitamina\\_a.pdf](http://www.comunique-se.com.br/produtos/saladeimprensa/premiowyeth/artigo_novos_grupos_de_riscos_para_deficiencia_de_vitamina_a.pdf). (13 dezembro 2006)

RIMOLDI, F.; VIDIGAL FILHO, P.S., VIDIGAL, M.C.G.; CLEMENTE, E.; PEQUENO, M.G.; MIRANDA, L.; KVITSCHAL, M.V. Produtividade, composição química e tempo de cozimento de cultivares de mandioca de mesa coletadas no Estado do Paraná. **Acta Sci. Agron.**, Maringá, v. 28, n. 1, p. 63-69, 2006.

RONCADA, M.S. Vitaminas Lipossolúveis, In: DUTRA-DE-OLIVEIRA J.E.; MARCHINI, J.S. **Ciências nutricionais**, São Paulo, Sarvier, p. 167-189, 1998.

SCHOLZ, M.B.S.; TAKAHASHI, M. Utilização das mandioca. In: TAKAHASHI, M. et al., **Mandioca no Paraná: antes, agora e sempre**. Curitiba, IAPAR, p. 17-46, 2002.

SOUZA, W.A. de; VILAS BOAS, O.G. da C. A deficiência de vitamina A no Brasil: um panorama. **Rev. Panam. Salud. Publica**, v. 12, n. 3, p. 173-179, 2002.

STEEL, R.G.D.; TORRIE, J.H. **Principles and Procedures of Statistics**. New York, p. 125-127, 1960.

VALLE, T. L. **Cruzamentos dialélicos em mandioca (*Manihot esculenta* Crantz)**. 1990. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz” da Universidade de São Paulo, Piracicaba. 1990.

VALLE, T.L. Mandioca: dos índios à agroindústria. **Revista ABAM** – Associação Brasileira dos Produtores de Amido de Mandioca. Ano III, n. 11, p. 24-25, 2005.

VALLE, T.L.; CARVALHO, C.R.L.; RAMOS, M.T.B.; MUHLEN, G.S.; VILLELA, O.V. Conteúdos cianogênico em progênies de mandioca originadas do cruzamento de variedades mansas e bravas. **Bragantia**, Campinas, v. 63, n. 2, p. 221-226, 2004.

VIDIGAL FILHO, P.S., PEQUENO, M.G.; VIDIGAL, M.C.G.; MAIA, R.R.; SAGRILO, E.; SIMON, G.A.; LIMA, R.S. Avaliação de cultivares de mandioca na região noroeste do Paraná. **Bragantia**, Campinas, v. 59, n. 1, p. 69-75, 2000.

WELCH, R.M.; GRAHAM, R.D. Breeding crops for enhanced micronutrient content. **Plant and Soil**, Netherlands, v. 245, p. 205-214, 2002.

WHEATLEY, C.C. Calidad de las raíces de yuca y factores que intervienen en ella. In: HERSHEY, C.H. **Mejoramiento genético de la yuca en América Latina**, Cali, CIAT, p. 297-291, 1991.

ZANCUL M.S. Fortificação de alimentos com ferro e vitamina A. **Medicina**, Ribeirão Preto, v.37, p. 45-50, 2004.

## ANEXOS

**Anexo 1** - Valores e significância dos quadrados médios obtidos na análise de variância do experimento inteiramente casualizado, com número de repetições variável, considerando as características NR – número de raízes por planta, NRC – número de raízes comerciais por planta, NRD – número de raízes descarte por planta, PTR – produção total de raízes ( $t\ ha^{-1}$ ), PRC – produção de raízes comerciais ( $t\ ha^{-1}$ ), PRD – produção de raízes descarte ( $t\ ha^{-1}$ ), PeR – peso de raiz ( $g\ raiz^{-1}$ ), PeRC – peso de raiz comercial ( $g\ raiz^{-1}$ ) e PeRD – peso de raiz descarte ( $g\ raiz^{-1}$ ). Engenheiro Coelho, 2006.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios								
		NR	NRC	NRD	PTR	PRC	PRD	PeR	PeRC	PeRD
Genótipo	12	2,3550 <sup>n.s.</sup>	0,8927 <sup>n.s.</sup>	1,5681*	79,0902* *	62,8440**	3,2759 <sup>n.s.</sup>	13160,693 **	13103,001**	3528,984 <sup>n.s.</sup>
Erro	32	1,9422	1,0464	0,7441	13,9206	15,1086	1,8899	1605,0448	3754,6158	2334,4253
Total	44									

**Anexo 2** - Valores e significância dos quadrados médios obtidos na análise de variância do experimento inteiramente casualizado, com número de repetições variável, considerando as características PePA – peso da parte aérea ( $t\ ha^{-1}$ ), PeTP – peso total da planta ( $t\ ha^{-1}$ ), IC – índice de colheita (%), ATP – altura total da planta (cm), APR – altura da primeira ramificação (cm) e B/A - relação entre altura da primeira ramificação e total (%). Engenheiro Coelho, 2006.

F.V.	G.L.	Quadrados Médios					
		PePA	PeTP	IC	ATP	APR	B/A
Genótipo	12	110,8708**	329,0216**	78,2496**	1323,2954*	651,1363**	247,2682**
Erro	32	23,3755	64,0107	14,1797	600,0000	134,6774	25,8280
Total	44						

**Anexo 3** - Valor e significância do quadrado médio obtido na análise de variância do experimento inteiramente casualizado, com número de repetição variável (subamostra), considerando a característica cozimento (min.). Engenheiro Coelho, 2006.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio
		Cozimento
Genótipo	12	1353,2922**
Resíduo	32	136,7243**
Amostragem	270	18,2518**
Total	314	

**Anexo 4** - Valor e significância do quadrado médio obtido na análise de variância do experimento inteiramente casualizado, com número de repetição variável (subamostra), considerando a característica teor de compostos cianogênicos ( $\text{mg kg}^{-1}$ ). Engenheiro Coelho, 2006.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio
		HCN
Genótipo	12	18221,3917**
Resíduo	32	521,7456**
Amostragem	135	7,8113**
Total	179	

**Anexo 5** - Valor e significância do quadrado médio obtido na análise de variância do experimento inteiramente casualizado, com número de repetição variável, considerando a característica teor de matéria seca (%). Engenheiro Coelho, 2006.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio
		Matéria seca
Genótipo	12	35,0739**
Resíduo	32	5,2757**
Amostragem	45	0,9652**
Total	89	

**Anexo 6** - Valor e significância do quadrado médio obtido na análise de variância do experimento inteiramente casualizado, com número de repetição variável, considerando a característica teor de carotenóides totais ( $\mu\text{g } 100\text{g}^{-1}$ ). Engenheiro Coelho, 2006.

F.V.	G.L.	Quadrado Médio Carotenóides totais
Genótipo	12	594170,972**
Resíduo	33	13331,102**
Amostragem	46	3175,264**
Total	91	



# Livros Grátis

( <http://www.livrosgratis.com.br> )

Milhares de Livros para Download:

[Baixar livros de Administração](#)

[Baixar livros de Agronomia](#)

[Baixar livros de Arquitetura](#)

[Baixar livros de Artes](#)

[Baixar livros de Astronomia](#)

[Baixar livros de Biologia Geral](#)

[Baixar livros de Ciência da Computação](#)

[Baixar livros de Ciência da Informação](#)

[Baixar livros de Ciência Política](#)

[Baixar livros de Ciências da Saúde](#)

[Baixar livros de Comunicação](#)

[Baixar livros do Conselho Nacional de Educação - CNE](#)

[Baixar livros de Defesa civil](#)

[Baixar livros de Direito](#)

[Baixar livros de Direitos humanos](#)

[Baixar livros de Economia](#)

[Baixar livros de Economia Doméstica](#)

[Baixar livros de Educação](#)

[Baixar livros de Educação - Trânsito](#)

[Baixar livros de Educação Física](#)

[Baixar livros de Engenharia Aeroespacial](#)

[Baixar livros de Farmácia](#)

[Baixar livros de Filosofia](#)

[Baixar livros de Física](#)

[Baixar livros de Geociências](#)

[Baixar livros de Geografia](#)

[Baixar livros de História](#)

[Baixar livros de Línguas](#)

[Baixar livros de Literatura](#)  
[Baixar livros de Literatura de Cordel](#)  
[Baixar livros de Literatura Infantil](#)  
[Baixar livros de Matemática](#)  
[Baixar livros de Medicina](#)  
[Baixar livros de Medicina Veterinária](#)  
[Baixar livros de Meio Ambiente](#)  
[Baixar livros de Meteorologia](#)  
[Baixar Monografias e TCC](#)  
[Baixar livros Multidisciplinar](#)  
[Baixar livros de Música](#)  
[Baixar livros de Psicologia](#)  
[Baixar livros de Química](#)  
[Baixar livros de Saúde Coletiva](#)  
[Baixar livros de Serviço Social](#)  
[Baixar livros de Sociologia](#)  
[Baixar livros de Teologia](#)  
[Baixar livros de Trabalho](#)  
[Baixar livros de Turismo](#)